
Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej
100100161384

△

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

BEGUTACHTUNGS-AUSSCHUSZ:

Dr.-Ing. L. SYMPHER, OBERBAU- UND MINISTERIALDIREKTOR.

R. SARAN, GEHEIMER OBERBAURAT.

M. KUMBIER, GEHEIMER OBERBAURAT.



SCHRIFTLEITER:

FRIEDRICH SCHULTZE UND GUSTAV MEYER.

68. JAHRGANG 1918.

MIT 36 TAFELN IN FOLIO UND VIELEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.







BERLIN 1918

VERLAG VON WILHELM ERNST u. SOHN.


POLITECHNIKA
BIBLIOTEKA
GŁÓWNA
WROCŁAWSKA

HAUPTBÜCHEREI DER KÖNIGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BRESLAU

Inhalt des achtundsechzigsten Jahrganges.

A. Landbau.

B. Wasser-, Schiff-, Maschinen-, Wege- und Eisenbahnbau.

C. Kunstgeschichte und Archäologie.

D. Bauwissenschaftliche Mitteilungen.

E. Anderweitige Mitteilungen.



Statistische Nachweisungen,

im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten bearbeitet, betreffend:

1917. 687

JAHRGANG 68. 1918. HEFT 1 BIS 3.

Die Kurfürstliche Kapelle am Dom in Breslau.

Vom Intendantur- und Baurat F. Borowski in Breslau.

(Mit Abbildungen auf Blatt 1 bis 3 im Atlas.)

Von den der mittelalterlichen Domkirche in Breslau in späterer Zeit angegliederten Kapellen stehen in künstlerischer Beziehung wohl die Elisabeth- und die Kurfürstliche Kapelle am höchsten. Die Elisabethkapelle (Text-Abb. 1), der Südseite des Kleinchores angefügt und 1680 begonnen, ist durchaus das Werk eines römischen Architekten, und zwar prägt sich die römische Schule nicht nur in der Gesamtanlage, sondern auch in allen Einzelheiten aus. Der rechteckige Unterbau ist in drei Joche geteilt, von denen die beiden kürzeren mit halbkreisförmigen Tonnen überdeckt sind, während das mittlere über Zwickeln und niedrigem Schaft eine Kuppel von elliptischer Grundrißform trägt. Das Ganze ist mit einer Laterne gekrönt. Abgesehen von den Einzelformen, handelt es sich hier um einen Kuppelbau von fast klassischer Haltung, der in allen seinen Unterteilen klar und folgerichtig durchgeführt ist. Das Äußere schlicht und sachlich durchgebildet, bringt den Raumgedanken des Inneren voll und ganz zum Ausdruck. Ein Gegenstück zur Elisabethkapelle an der Nordseite des Domchores bildet die Kurfürstliche Kapelle (Text-Abb. 2). Sie hat die Bezeichnung von der Würde ihres Stifters Franz Ludwig, Pfalzgrafen bei Rhein aus dem Hause Neuburg, der seit 1683 Bischof von Breslau, seit 1716 zugleich Kurfürst von Trier war, das er 1729 mit Kurmainz vertauschte.



Abb. 1. Elisabeth-Kapelle

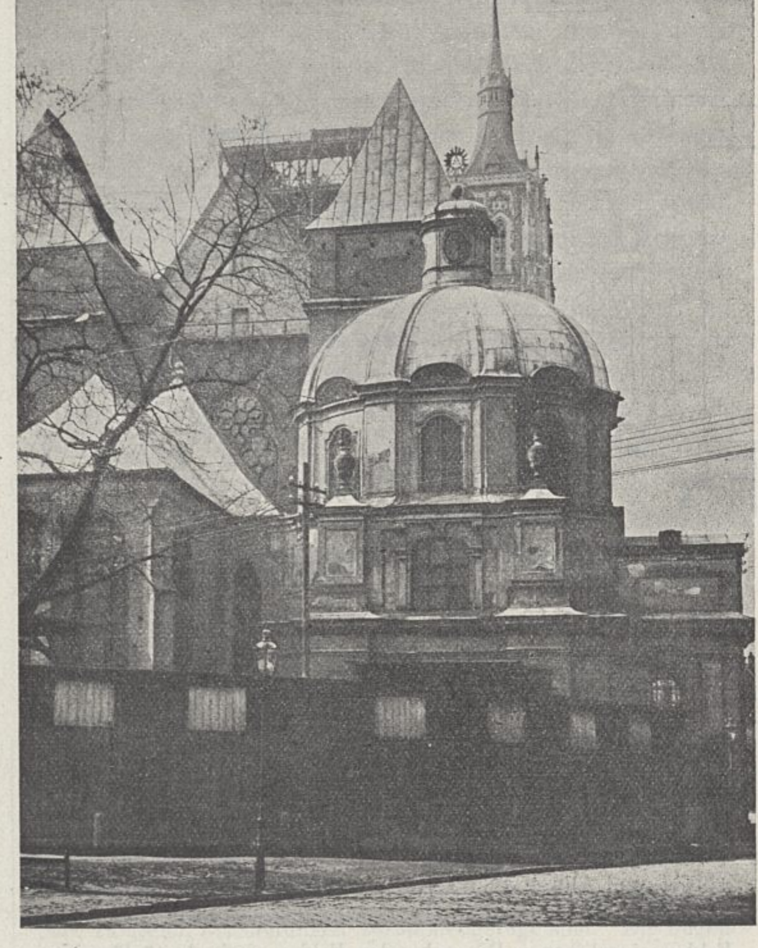


Abb. 2. Kurfürstliche Kapelle

am Dom in Breslau.

Zeit der Erbauung und allgemeine Anordnung. Nach Dr. Jungnitz fällt die Zeit der Erbauung in die Jahre 1716 bis 1724. Alwin Schulz berichtet im „Schlesischen Kunstleben“, daß Johann Bernhard Fischer von Erlach 1720 den Plan zu der neuen Kapelle im Dom entwirft. Die Fertigstellung setzen Schulz und auch Zimmermann in das Jahr 1727. Die Kurfürstliche Kapelle hat auch wie die Elisabethkapelle eine rechteckige Grundrißform von 15,80 m lichter Länge einschl. des Altarraumes und 7,32 lichter Breite bei einer Höhe von 20,16 m bis zum Scheitel der Kuppel (Text-Abb. 3 u. 4). Der Aufbau gliedert sich im Äußeren und Inneren in vier

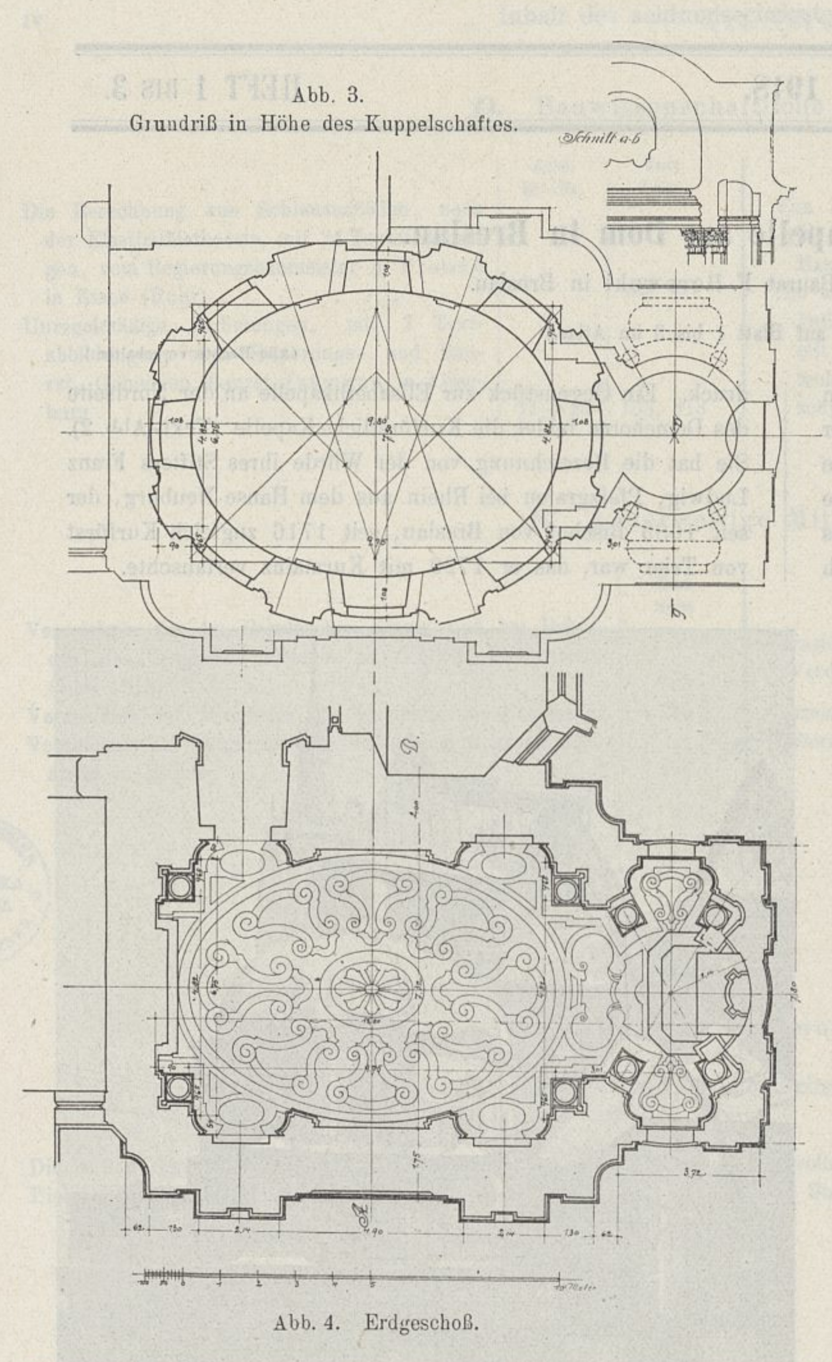


Abb. 3. Grundriß in Höhe des Kuppelschaftes.

Abb. 4. Erdgeschoß.

Abschnitte: dem Unter- oder Hauptgeschoß, dem Zwickel- oder Übergangsgeschoß, dem Schaft und der Kuppel mit Laterne. Das Untergeschoß ist durch korinthische Wandpfeiler und Säulen mit darüber liegendem Gebälk aufgeteilt (Text-Abb. 4 und Abb. 2 Bl. 1) Die Aufteilung an den Langseiten ist derart, daß die Wandpfeiler ein breites und zwei schmälere Felder einrahmen. Die schmalen Felder sind als türförmige Nischen mit Umrahmungen und reichen Verdachungen ausgebildet. Nur die südliche Nische ist geöffnet. Sie stellt die Verbindung mit der Kirche her. Die breiten Felder nehmen Gemälde auf. An der Südseite ist das Grabmal des Stifters aufgestellt. An der gegenüberliegenden Nordseite schließt sich das Altarhaus an, das mit seinen vier freistehenden Säulen und der reich vergoldeten Kuppel den architektonischen Höhepunkt des Hauptgeschosses bildet. Im Zwickelgeschoß klingt die Teilung des Untergeschosses aus (Bl. 3). Über den korinthischen Wandpfeilern des Untergeschosses sind hier solche von freierer Bildung und mit reichem Schmuck versehen gesetzt. Sie rahmen breite Fenster mit tiefen Nischen ein. Die an den beiden kurzen Seiten angeordneten Tragebögen mit den kugelförmigen Trapezen vollenden die Überleitung in den elliptischen Grundriß. Ein Gesims auf hochgestellten Konsolen schließt dieses Geschoß nach obenhin ab. Der darüber liegende Kuppelschaft mit seinen acht Fenstern bildet die Hauptlichtquelle für den eigentlichen Kapellenraum. Diese Fensteröffnungen sind von Doppelwandpfeilern, die durch geflügelte Engelsköpfe gekrönt werden, eingefaßt. Über einem gebälkartigen, den Schaft abschließenden Gesims erhebt sich dann die Kuppel mit ihrer Laterne. Sie hat die Form eines halben Umdrehungs-Ellipsoids, d. h. ihr Längenschnitt bildet eine halbe Ellipse, ihr Querschnitt einen überhöhten Halbkreis.

Es ist hier nun besonders beachtenswert, wie der rechteckige Hauptgeschoßgrundriß in den elliptischen Kuppelschaft übergeleitet wird. Vergegenwärtigen wir uns zum Vergleich einmal die Form einer gewöhnlichen Kuppel auf Hängezwickeln, wie sie uns seit der altchristlichen Zeit bekannt ist, im Mittelalter mehr oder weniger außer Übung kam, dann aber ihre Wiedergeburt in der Renaissance feiert. Bei diesen Kuppeln über Kugeldreiecken, gleichviel, ob es sich um die gewöhnliche Form einer Halbkuppel über einem Geviert oder um eine elliptische Kuppel über einem Rechteck handelt, vollzieht sich die Entwicklung dieser Kugeldreiecke, bei abgestumpften Ecken Kugeltrapeze, symmetrisch aus den Ecken heraus. Jeder dieser Zwickel wird seitlich von den vier Trage- oder Schildbögen und nach oben von dem Schaftring oder, wenn ein solcher fehlt, von dem Fuß der Kuppel begrenzt.

Bei der Kurfürstlichen Kapelle ist von dieser üblichen Form abgewichen. Die Schild- oder Tragebögen an den Langseiten sind fortgelassen. Die Überführung in die Ellipse ist hier in folgender Weise gelöst: Bereits das Erdgeschoß bereitet auf den Grundriß des Kuppelschaftes vor. Das dies Geschoß abschließende Gebälkgesims zeigt nämlich an den Mittelfeldern der Langseiten Ausbauchungen, die sich mit dem Grundriß der Schaftellipse decken. Dasselbe tun die gegen die Längswände schräg gestellten, das Gebälk tragenden Wandpfeiler. Im Übergangsgeschoß ist daher eine Überleitung in die elliptische Grundrißform nur noch an den kurzen Seiten nötig. Hier schneiden die Zwickel wie üblich an den Schildbögen an, während sie an den Langseiten in die elliptische Grundrißform allmählich hinüberleiten und von den die Fenster umrahmenden Wandpfeilern begrenzt werden. Die Zwickel haben hierdurch eine windschiefe Form und eine unsymmetrische Umrißlinie bekommen, die auf den ersten Blick etwas befremdend wirkt, sich aber durchaus folgerichtig aus der Gesamtanlage entwickelt hat.

Das Äußere (Text-Abb. 2 u. Bl. 1) macht im wesentlichen, wie oben bereits angedeutet, die Gliederung des Innern, sowohl nach der wagerechten, wie auch nach der senkrechten, mit. Gesimse, Pfeiler und Wandpfeiler des Inneren entsprechen denen des Äußeren. Die ausgenischten, breiten und tiefen Pfeilervorsprünge des Erdgeschosses setzen sich im Übergangsgeschoß in flacheren und schmalen Wandpfeilern fort und endigen in Höhe des Kuppelschaftfußes, wo sie mit Vasen bekrönt werden. Die acht Strebepfeiler des Schaftes finden wiederum ihre Fortsetzung in den äußeren Rippen der Kuppel, die an die das Ganze bekrönende Laterne anlaufen. Das im Innern nach einem Dreiviertelkreis geschlossene Altarhaus ist außen rechteckig gestaltet.

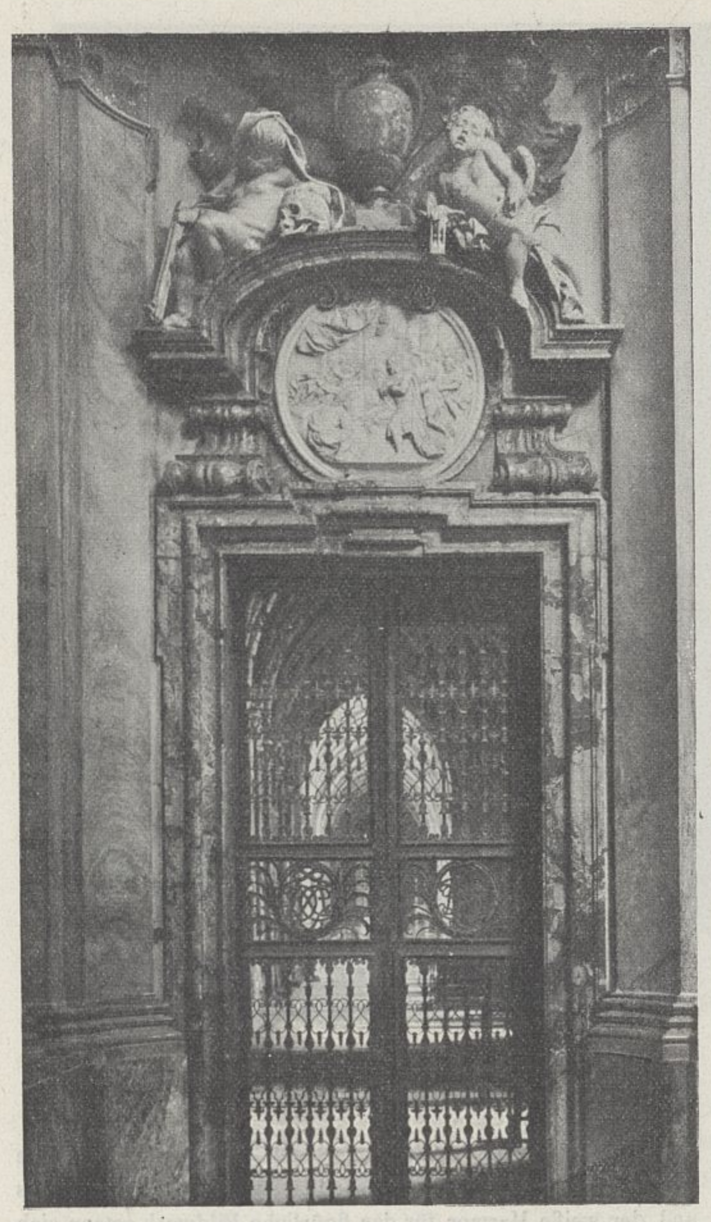


Abb 5. Eingangsportal der Kapelle von innen gesehen.

Beim Entwurf zur Kurfürstlichen Kapelle scheinen den Architekten weniger die gleichzeitigen Anlagen Berninischer Kapellen oder die seiner Nachfolger, als vielmehr ältere Anlagen dieser Art angeregt zu haben. Vignola hat wohl in neuer Zeit wenigstens als Erster nicht nur über elliptischem, sondern auch über rechteckigem Grundriß elliptische Kuppeln hergestellt, und zwar bei St. Andrea an der Via Flaminia*). Die kleine Kirche, nur wenig größer als die Kurfürstliche Kapelle, zeigt im wesentlichen die gleiche Anlage, eine elliptische Kuppel über rechteckigem Grundriß. Gemeinsam ist ferner beiden Kapellen die dreiteilige Aufteilung der Längswände durch korinthische Wandpfeiler mit darüber liegendem Gebälk, das kräftige Konsolgesims als Fuß des Kuppelschaftes bzw. der Kuppel. Anders gestaltet ist das Altarhaus, das bei St. Andrea eine rechteckige Form hat, anders die Lösung der Hängezwickel. Die Überführung in die Ellipse stellt Vignola in der üblichen Weise durch Kugeldreiecke zwischen Schildbögen her. Die freie und eigenartige Zwickelentwicklung der Kurfürstlichen Kapelle lag wohl außerhalb der Ausdrucksmittel und auch des Kunstwollens jener Zeit. Es fehlt ferner bei St. Andrea der Kuppelschaft. Auch zeigt das Untergeschoß keine Ausbiegungen, die auf die elliptische Kuppel vorbereiten. Völlig verschieden ist bei St. Andrea das bis auf die Vorderansicht völlig schlichtgehaltene Äußere, die Durchbildung der Gesimse, die Auffassung des bildnerischen und malerischen Schmucks. Dies sind jedoch Unterschiede, die durch den anderen Kunstgeschmack und die verschiedene Zeitstellung beider Kapellen bedingt werden. Wenn sich bei St. Andrea das Barock auch schon ankündigt, so zeigt das Ganze doch noch mehr Hochrenaissancegepräge. Bei der Kurfürstlichen Kapelle dagegen haben wir ein kennzeichnendes Werk des späten Barocks von ausgesprochen süddeutscher Prägung vor uns.

*) Aufnahmen bei Letarouilly (I 199—201).

Baustoff, Bauart und Ausstattung. Die Kapelle ist im Äußeren als Putzbau hergestellt. Nur der Sockel, die Gesimse und Fenstergewände sowie die Laterne über der Kuppel bestehen aus Werkstein (Bl. 2). Jedoch hat nicht die Absicht bestanden, den Fugenschnitt irgendwie zu zeigen. Das Ganze ist vielmehr völlig einheitlich gehalten. Die Werkstücke sind mit engen Fugen versetzt, darüber sind alle Putzflächen und Architekturteile mit einem gelben Okerton überstrichen, so daß man beim ersten Anblick den Eindruck eines völligen Putzbaues gewinnt. Die Kuppel mit Laterne, das Dach des Altarhauses, sowie die Gesimse sind mit Kupfer eingedeckt. Im Innern nehmen die Gemälde, das Abendmahl und das Opfer Melchisedeks die beiden Mittelfelder der Längswände ein (Bl. 3). Alle übrigen Wandflächen und Pfeiler sind mit Marmorplatten aus grauem schlesischen Marmor belegt. Die Säulenschäfte sind aus einem Stück aus demselben Gestein hergestellt. Säulenfuß und Sockel sind aus Sandstein und mit Stuckmarmor bekleidet, die Kapitelle aus vergoldetem Stuck. Die Umrahmung der Gemälde an den Langseiten, das Grabmal des Stifters, sowie die Türeinfassungen bestehen aus rotem Salzburger Marmor. In den oberen Geschossen ist außer dem Putzgrund der Freskomalereien der Zwickel und der Kuppel, alles mit Stuckmarmor bekleidet und mit vergoldetem Stuck geschmückt. Ausgenommen hiervon sind nur die Gesimse, die ebenfalls aus Marmor bestehen. Die Verbindung mit der Domkirche wird durch eine zweiflüglige schmiedeeiserne Gittertür von ruhiger und strenger Haltung hergestellt (Text-Abb. 5 u. 6). Die noch verbleibenden drei Türnischen an den Langseiten sind mit einem beblatteten Wandgetäfel bekleidet, das die Form von Füllungstüren erhalten hat. Der Fußboden zeigt einen Belag aus helleren und dunkleren Marmorplatten, die zu freien Zierbildungen zusammengefügt sind. Die Fugen dieser Fußbodenplatten, soweit sie gleichzeitig die Linienführung der Ornamente andeuten, sind mit Bronzeeinlagen gefüllt. Der bildnerische Figurenschmuck ist ein sehr reicher (Bl. 3). Der Altar trägt über dem Marmortabernakel die Bundeslade, hierüber die Sonne der Gerechtigkeit von getriebenem Metall und vergoldet. Das Tabernakel umgeben anbetende Engel und die Sonne mit ihrem Strahlenkranz, geflügelte Engelköpfe aus weißem Marmor. Zu beiden Seiten stehen die überlebensgroßen Standbilder des Moses und Aaron. Über den vier Türumrahmungen sind Rundbilder angebracht und über diesen auf den Verdachungen sitzende Kindergestalten. Diese Bildwerke führen uns die vier letzten Dinge des Menschen vor Augen. An der ersten Tür, dem Zugang zur Kirche (Text-Abb. 5), sehen wir den Tod dargestellt, zwei Knaben



Abb. 6. Blick nach dem Eingangsportal vom Seitenschiff des Domes gesehen.

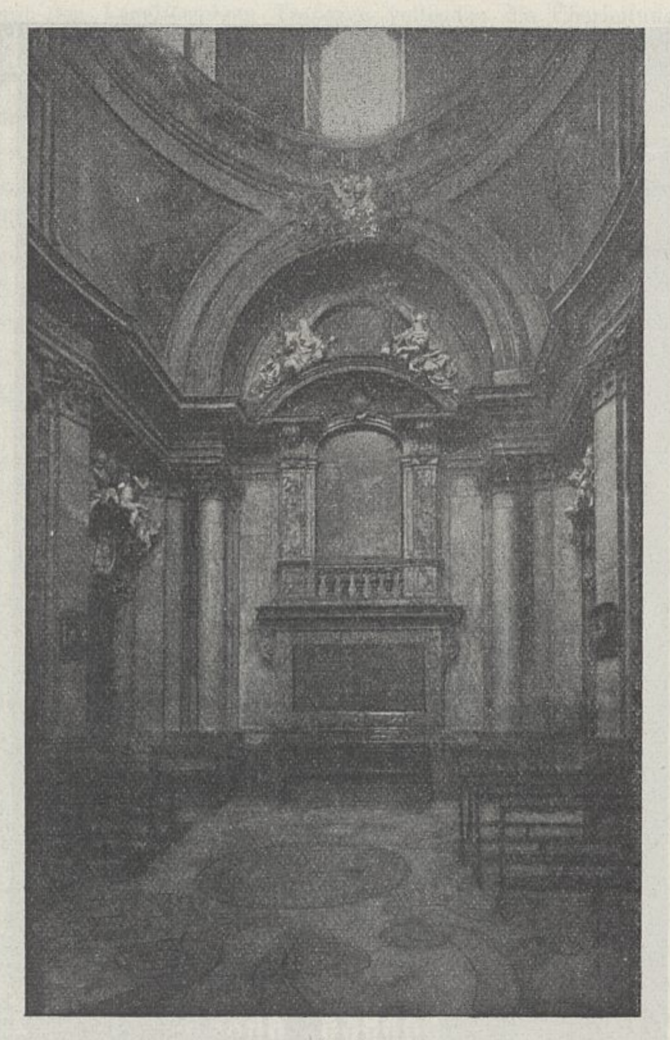


Abb. 7.
Blick nach dem Grabmal.

mit Sanduhr und Totenkopf, das dazugehörige Rundbild zeigt Jakob auf dem Sterbebette. An derselben Wand rechts das Gericht: der Weltenrichter mit dem Kreuz und die Auferstehung der Toten, darüber zwei Engel mit Posaune und Urne (Bl. 3). An der gegenüberliegenden Wand der Himmel: Lazarus in Abrahams Schoße, darüber zwei Knaben mit einem Lamm und einer Sternenkrone. Rechts davon, dem Eingange gegenüber, die Hölle: der reiche Prasser am Orte der Pein, darüber zwei Knaben mit dem Buche der Sünde und einem Bocke. Zwischen jeder Gruppe stehen Vasen von buntem Salzburger Marmor. Die Rundbilder sind von außerordentlich feiner Arbeit, und die Kinderfiguren zeigen eine Ausdruckskraft, Fülle und Lebenswahrheit, daß man diese Arbeiten wohl zu den besten zählen darf, was jene Zeit hier in Breslau und wohl in Schlesien überhaupt hervorgebracht hat.

An der dem Altar gegenüberliegenden Wand steht das mächtige Denkmal des Stifters (Text-Abb. 7 u. Abb. 2 Bl. 1). Auf einem hohen Unterbau, in dem eine Inschrifttafel aus schwarzem Marmor mit metallenen und vergoldeten Buchstaben angebracht ist, erhebt sich ein tabernakelartiger Aufbau, der die Umrahmung für ein Gemälde bildet, darstellend das Bild des Stifters, von einer sitzenden Frauengestalt gehalten, darüber ein schwebender Engel. Auf dem das Denkmal abschließenden Giebel sitzen zwei das alte und das neue Testament versinnbildlichende Figuren, das alte, mit verschleiertem Angesicht und der ehernen Schlange, das neue mit dem Kreuze.

Die durch die verschiedenfarbigen Marmorarten gegebene Farbenzusammenstellung der Wandflächen des Untergeschosses und der weiße Marmor für das figürliche Bildwerk setzen sich in den darüberliegenden Geschossen fort, indem dort dem Stuckmarmor dieselben Farben gegeben sind wie den natürlichen Steinen des Untergeschosses. In eine beabsichtigte und glückliche Stimmung hiermit sind auch die Freskogemälde der Zwickel gesetzt, sowie die der Kuppel, auf der uns der Sturz Luzifers mit dem abgefallenen Engel veranschaulicht werden (Text-Abb 8 u. 9). Auch in diesen Malereien klingen dieselben Farbentöne an, der Hauptsache nach gelbe, braune und blaue. Die Farben sind, wie bei Malereien, die auf Putz ausgeführt werden, üblich, wohl nur Erdfarben. Für die roten und braunen Töne Caputmortuum und gebrannte Sienna, für die gelben im wesentlichen Oker. Die Ölgemälde des Untergeschosses an den Langseiten und am Denkmal sind zwar etwas tiefer und schwerer im Ton gehalten, als die Freskomalereien, passen sich aber doch glücklich der Farbengebung des Ganzen an. Sämtliche Fenster haben eine schlichte, weiße Verglasung in Bleifassung erhalten. Die Scheiben sind in kleine Sechsecke aufgeteilt und mit eisernen Rahmen am Anschlag befestigt.

Die Gliederung im Untergeschoß an den Längswänden durch mit Pfeilern eingefaßte und mit Gemälden geschmückte Mittelteile, daran anschließend die eingestellten Türrahmen mit dem bildlichen Schmuck darüber, dann die Steigerung des architektonischen Reichtums an den Ecken durch freistehende

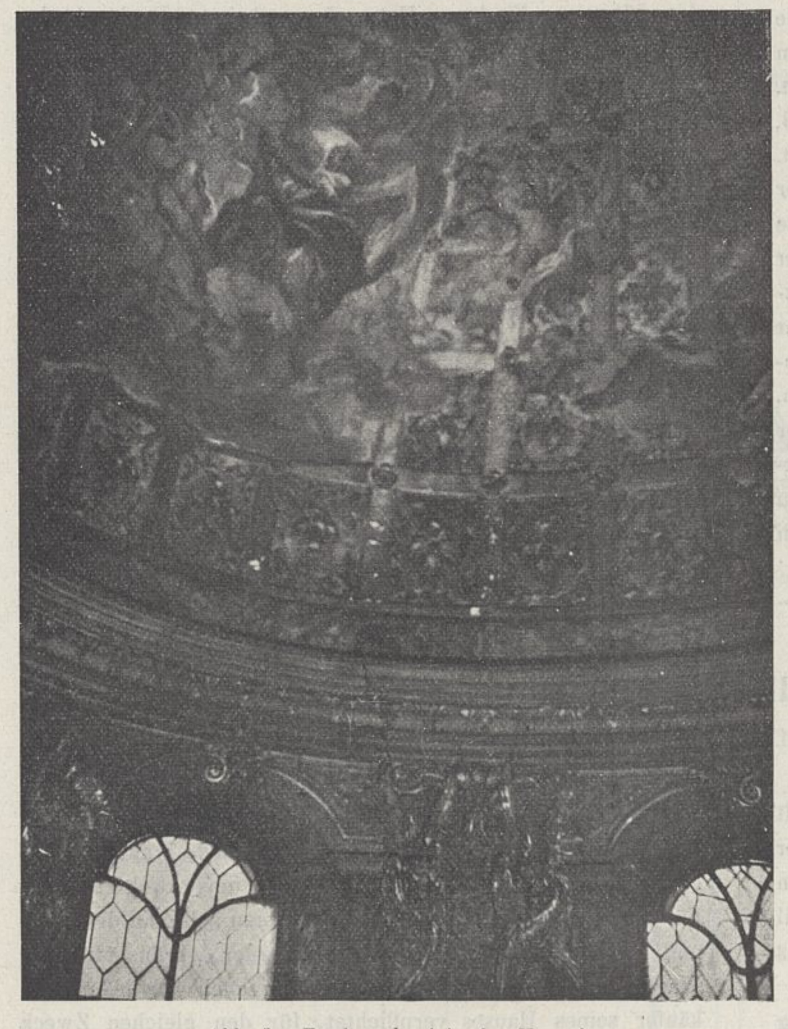


Abb. 8. Freskomalerei in der Kuppel.

Säulen zur Aufnahme des Gebälks und der Tragebögen sind wirkungsvoll gegeneinander abgestimmt und zur höchsten Wirkung dann weiter gesteigert in der Apsis. Vier völlig freistehende Säulen sind hier dem dreiviertelkreisförmigen Grundriß vorgestellt (Text-Abb. 4). Sie tragen auf einem ohne Verkröpfung durchgeführten Architrav eine mit Stuck und Gold verzierte Kuppel (Bl. 3). Der Altar steht so gewissermaßen unter einem Baldachin. Selten wohl geht der Altar mit seinem Aufbau und all seinem bildnerischen und malerischen Schmuck so glücklich zu einer künstlerischen Einheit mit dem Altarraum zusammen, wie hier. Dieser ganze untere Teil, das Hauptgeschoß, trägt ein durchaus monumentales Gepräge, wobei bewußt auf bildnerischen Gegensatz hingearbeitet ist. Nach oben hingegen ist der architektonische und dekorative Schmuck leichter und flächiger gehalten. An Stelle der schweren Formen des unteren Teils, der den Ursprung des römischen Barocks nicht verleugnen kann, hat der Schmuck der oberen Geschosse schon zum Teil Rokokogepräge, so u. a. an den kartuschenförmigen Schlußsteinen der Trageböden, der Modellierung der geflügelten Engelköpfe an den Pfeilern des Kuppelschaftes, sowie besonders an der ungemein flächig und leicht gehaltenen Kassettierung der Kuppel, die teilweise von der Malerei verdeckt wird und gewissermaßen nur den Grund für die malerischen Darstellungen bildet. Durch diese verschiedenartig gehaltene Reliefbehandlung ist ein wirkungsvoller Gegensatz erreicht und das Ausklingen nach oben ungemein reizvoll zum Ausdruck gebracht. Leider ist das Verhältnis der Grundrißabmessungen zur Höhe kein ganz glückliches. Der Raum ist im Verhältnis zu seiner Größe etwas zu hoch. Es ist daher schwierig, ihn als Ganzes zu übersehen und zu genießen. Trotz aller architektonischen, bildnerischen und malerischen Schönheit und Eigenart im einzelnen, sowie der eigenartigen Farbenhaltung, vermißt man eine abgestimmte Raumwirkung und gelangt kaum zu einem wirklichen Raumerlebnis. Nur das Altarhaus befriedigt auch in dieser Beziehung vollkommen.



Abb. 9. Freskomalerei in der Kuppel.

An der Ausführung beteiligte Künstler und Handwerker. Wegen der Angaben der bei der Ausführung der Kapelle beteiligten Künstler, Werkmeister und Handwerker wird auf das am Ende der Abhandlung angeführten Quellenverzeichnis verwiesen. In Folgendem wird nur das Wesentliche mitgeteilt: Nach Zimmermann ist die Kapelle ein Werk des berühmten Wiener Architekten Johann Bernhard Fischer von Erlach, Verfasser nennt ihn in seiner Schrift: „Beschreibung der Stadt Breslau“ fälschlich Johann Bernhard Baron Fischer von Erlach, obwohl der ältere Fischer noch nicht in den Freiherrnstand versetzt wurde. Diese Auszeichnung wurde erst seinem Sohne Emanuel zuteil. Ilg schreibt in seinem Werk „Leben und Werke Johann Bernhard Fischers von Erlach“ den Entwurf zur Kapelle dem jüngeren Fischer zu, von dem noch das Wolfsche Grabmal in der Breslauer Elisabethkirche herrührt. Vom älteren Fischer selbst dürfte nur

der Entwurf herrühren. Die weitere Durchbildung und die Überwachung der Ausführung wird er anderen, in diesem Falle vielleicht seinem Sohne Josef Emanuel, überlassen haben. Aber auch wenn wir nicht genau davon unterrichtet sind, ob der Vater oder der Sohn der Urheber des Entwurfs ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß das Werk unter dem Einfluß des älteren Fischer entstanden ist. Das Ganze atmet durchaus seinen Geist und seinen Stil, den Stil der Hofbibliothek und der Karlskirche in Wien. Die Steinmetzarbeiten des Inneren sind von den Steinmetzmeistern Kaspar Herberg und Johann Karinger, die Figuren und der bildnerische Schmuck des Altarhauses und der Türverdachungen, sowie die Figuren des Alten und Neuen Testaments über der Giebelverdachung des Grabmals stammen aus der Werkstatt des Ferdinand Brockhof aus Prag, eines auch in Breslau vielbeschäftigten Bildhauers. U. a. ist sein Werk das nach des jüngeren Fischers Entwurf gearbeitete Denkmal des Grafen von Wolff in der Elisabethkirche. Die beiden Wandgemälde an den beiden Langseiten des Hauptgeschosses sind von dem Hofmaler des Stifters Franz de Baker aus Antwerpen, das Gemälde des Grabmals vom jüngeren Felder. Die Fresken in der Kuppel, sowie an den Zwickeln von dem Italiener Carlo Carlone.

Quellen.

Beschreibung der Stadt Breslau im Herzogtum Schlesien von Fr. Albrecht Zimmermann, Brieg 1794. — Beschreibung der Kathedral-Kirche ad St. Joannem und der Kirche zum heiligen Kreuz auf der Dominsel zu Breslau von Friedrich Wilhelm Erdmann, Breslau 1850. — Schlesisches Kunstleben im 15. bis 18. Jahrh. von Dr. Alwin Schulz, Breslau 1872. — Zeitschrift für Geschichte Schlesiens Band 10. — Die Kunstdenkmäler der Stadt Breslau von Hans Lutsch, Breslau 1886. — Die Breslauer Domkirche, ihre Geschichte und Beschreibung von Dr. Joseph Jungnitz, Breslau 1908.

Rakwitz, eine deutsche Ansiedlung des 17. Jahrhunderts in Polen.

Vom Königl. Oberlehrer, Prof. Dr.-Ing. Alfred Grotte in Posen.

Die im Kreise Bomst (Reg.-Bez. Posen) gelegene Stadt Rakwitz ist nicht nur ein beachtenswertes Beispiel einer evangelischen Stadtgründung des 17. Jahrhunderts, sondern auch insofern kunstgeschichtlich wertvoll, als sich ein Teil der ursprünglichen Häuser bis auf den heutigen Tag ganz oder zum großen Teil unverändert erhalten hat.

Veranlaßt durch die Verwüstungen und Entvölkerung Polens nach dem im Jahre 1660 beendigten Schwedenkriege, bewirkte König Kasimir in Warschau durch den Kastellan von Posen Christophorus Grzymultowski die Gründung der Stadt. (Urkunde vom 24. 2. 1662). G., der Erbherr von Rakoniewice, der die Urkunde in Gegenwart vieler Edelleute — darunter auch des Johann Sobieski — gegenzeichnet, legt die Rechte der neuen Ansiedler in einem besonderen Schriftstücke fest, das er am 17. Mai 1662 im Dorfe Snaty abfaßt. Den evangelischen Ansiedlern wird freie Religionsübung zugesagt und Platz für einen Friedhof und ein Armenhaus versprochen. Jedem Einwohner sollte es freistehen, sich Bauholz aus dem herrschaftlichen Forste zu holen; wer in der Stadt von Grund auf neu baute, sollte sechs Jahre zinsfrei bleiben. Beachtenswert erscheint ferner die Bestimmung, daß die Aufnahme in die Stadt und deren Innungen von dem Nachweis handwerklichen Könnens[1]) abhängig gemacht wurde. In vorsorglicher Weise gedachte auch der Starost des künftigen Rathauses; ihm schwebte offenbar das Beispiel anderer Städte vor, die, gleichfalls nach Magdeburger Recht erstanden, inmitten ihres Marktplatzes das Wahrzeichen des Bürgertums errichtet hatten. Für die Ansammlung eines Baufonds hierzu sollte an den Jahr- und Wochenmärkten für Benutzung der „Fraustädtischen Wage“ eine Abgabe entrichtet werden; auch war jeder Verkäufer seines Hauses verpflichtet, für den gleichen Zweck von jedem erlösten Taler je einen Groschen abzugeben.[2]) Um ein schnelleres Bevölkern seiner neugegründeten Stadt zu bewirken, sicherte ihr der König auf 24 Jahre völlige Befreiung

1) Eine Ansiedlung deutscher Handwerker schien auch diesem Starosten besonders wertvoll zu erscheinen. 1652 erließ der Starost von Bomst, Zegocki, nachmals Bischof von Chelm, eine öffentliche Aufforderung „an alle und jede Handwerksleute deutscher Nation ...., wofern sie Lust haben, unter meinem kgl. Kommando zu bauen, zu wohnen und ihre Nahrung zu treiben“ ... (Erich Schmidt, Gesch. d. Deutscht. im Lande Posen, 1904).

2) Um den Baufonds für das Rathaus zu verstärken, bewirkte Matth. v. Radomicki, der folgende Erbherr und Kastellan, 1696 eine Erhöhung der Abgaben. Aber erst unter seinem Nachfolger, dem Grafen Sapieha, konnte mit dem Rathausbau begonnen werden. Es war ein zweigeschossiger Bau mit Turm, der aber wenig länger als 100 Jahre bestand. 1827, als sich weder Mittel zur Ausbesserung noch Käufer für das Haus fanden, wurde es abgerissen.



Nr. 125. Nr. 126. Nr. 127.

Abb. 1. Laubenhölzer am Markt in Rakwitz.

Abb. 2. Haus Nr. 125 am Markt in Rakwitz.

von allen königlichen und staatlichen Steuern sowie Abgaben zu. Nach Ablauf dieser Frist wurden weitere acht Jahre zugestanden. Den Handwerkerinnungen und Zünften wurden Sonderrechte verliehen in der Art, wie sie für die alten polnischen Städte schon vorher bestanden; die Gerichtbarkeit sollte nach Magdeburger Recht geübt werden.

Die neue Siedlung sollte den bezeichnenden Namen „Polnisch Freystadt“ führen; aber schon 1705 erscheint

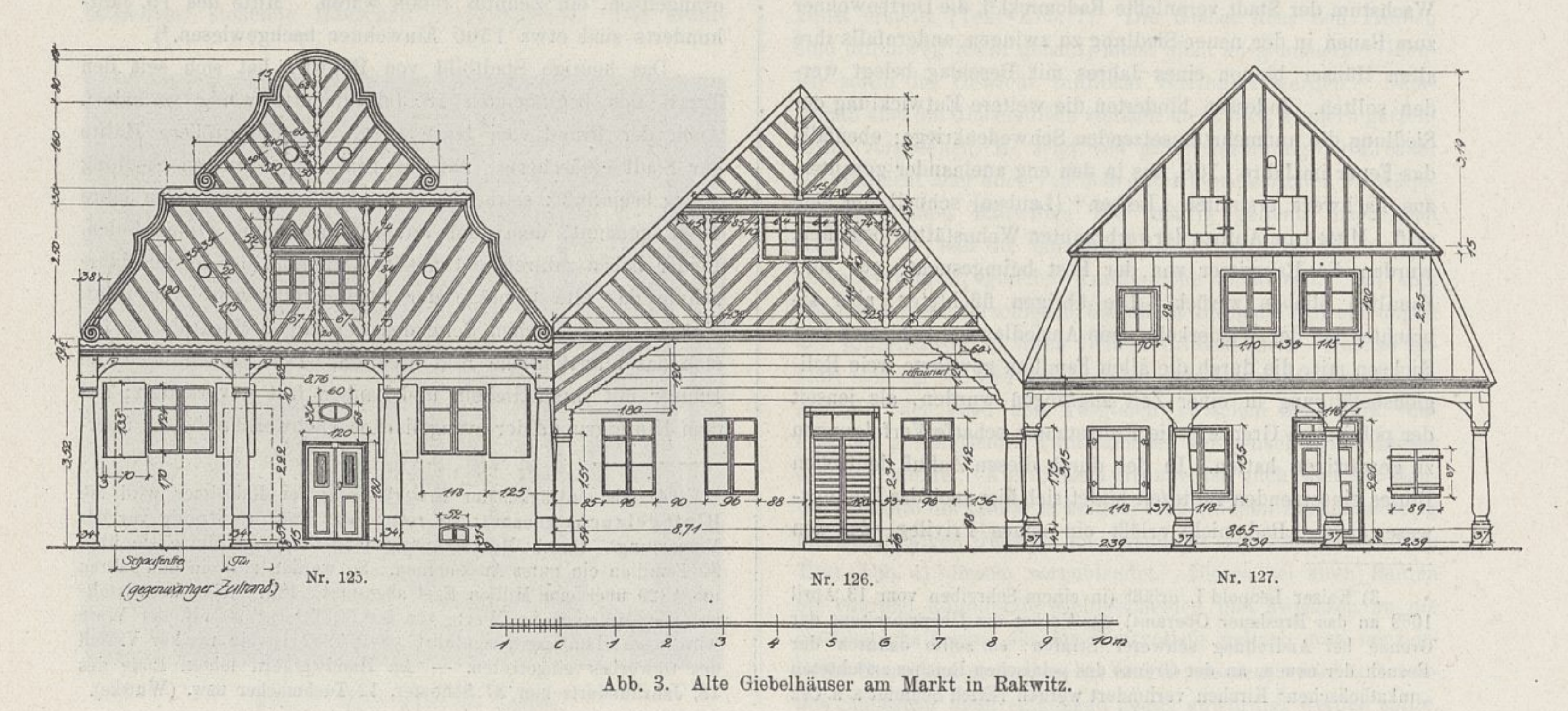


Abb. 3. Alte Giebelhäuser am Markt in Rakwitz.

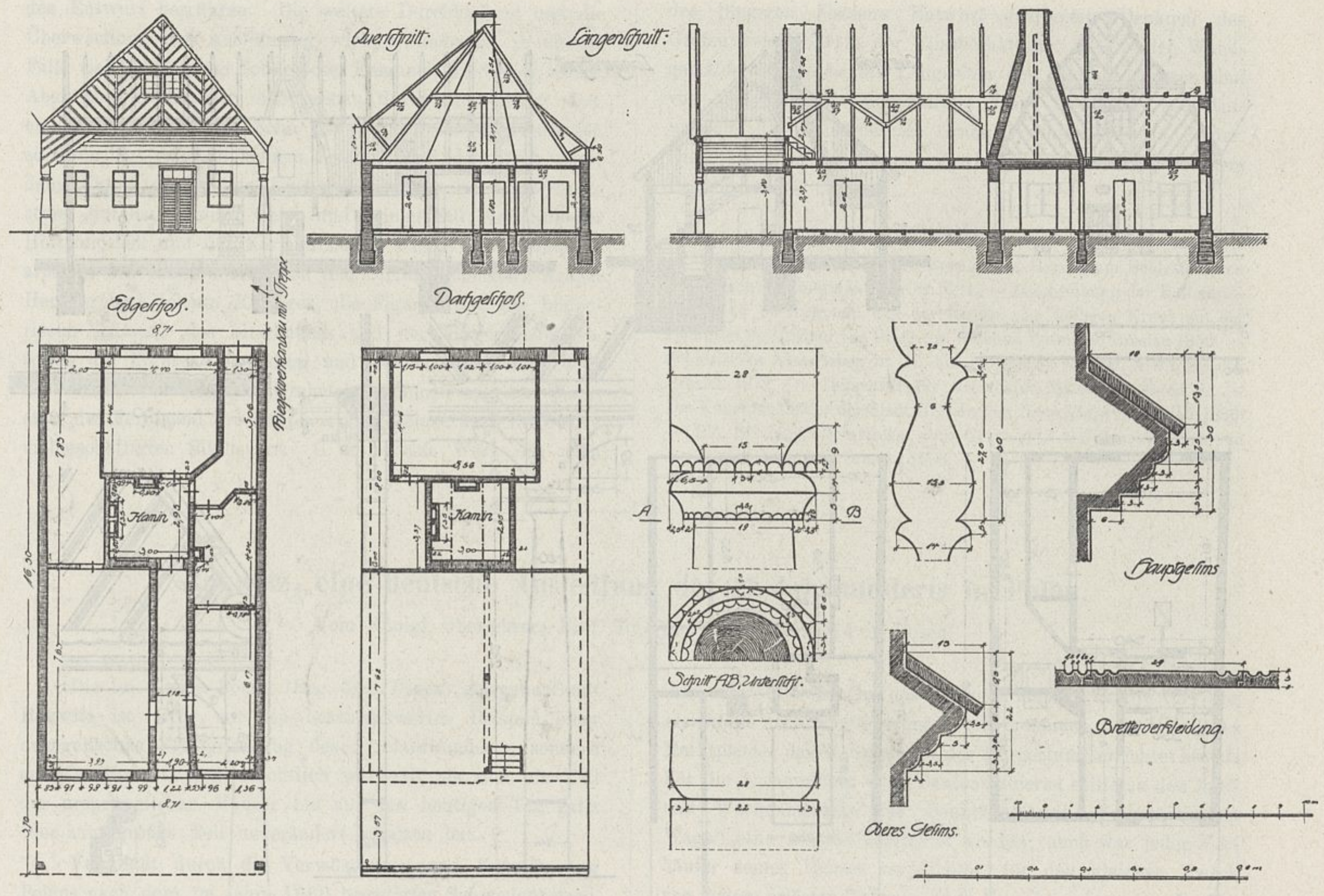


Abb. 4. Haus Nr. 126 am Markt in Rakwitz.

der Name Rakwitz, der aus dem Namen des hart benachbarten Dorfes Rakoniewice hervorgeht. Man wird in der Annahme nicht fehlgehen, daß sich hierin der Stillstand in der Entwicklung der neuen Ansiedlung ausdrückt, zugunsten der wachsenden Bedeutung des älteren Dorfes. Das geringe Wachstum der Stadt veranlaßte Radomicki[2]), die Dorfbewohner zum Bauen in der neuen Siedlung zu zwingen, andernfalls ihre alten Häuser binnen eines Jahres mit Beschlag belegt werden sollten. Indessen hinderten die weitere Entwicklung der Siedlung die nunmehr einsetzenden Schwedenkriege; ebenfalls das Feuer im Jahre 1708, das in den eng aneinander gebauten, aus Fachwerk erstellten „Leiben" (Lauben) schnell um sich griff. Mitten im Aufbau der verbrannten Wohnstätten begriffen, wurden die Rakwitzer von der Pest heimgesucht; nur fünf Familien blieben zurück. Die übrigen flüchteten; aber sie brachten bei der Wiederkehr neue Ansiedler aus Schlesien und Sachsen mit, die durch die allen Familien gewährte freie Religionsbetätigung in einer Zeit angezogen wurden, als jenseit der polnischen Grenze[3]) die Protestanten scharfe Verfolgungen zu gewärtigen hatten. In der durch diesen Zufluß deutschen Blutes einsetzenden Blütezeit bildet sich hier auch das Innungswesen aus. Radomicki erläßt ein neues Privileg, das den Evangelischen „ein freies Religionsexartitium" sichert, für welches 400 Taler zu entrichten sind; die Bestätigung des Pfarrers sollte 100 Taler an Gebühren erfordern.

Am 14 April 1793 wird Rakwitz preußisch; es zählte damals 1000 Einwohner, von denen mehr als die Hälfte evangelisch, ein Zehntel Juden waren. Mitte des 19. Jahrhunderts sind etwa 1500 Einwohner nachgewiesen.[4])

Das heutige Stadtbild von Rakwitz hat sich seit den Tagen des beginnenden 18. Jahrhunderts wenig verändert. Auch der Brand vom Jahre 1708, der die größere Hälfte der Stadt einäscherte, hat das Bild der deutschen Siedlung wenig beeinflußt; seither wird nur noch ein Feuer vom Jahre 1754 genannt, dem fünf Laubenhäuser zum Opfer fielen. Leider haben zahlreiche Umbauten während der letzten Jahrzehnte das alte Gepräge der Stadt stellenweise verwischt. Nur an der westlichen Seite des viereckigen Marktplatzes hat sich das altertümliche Bild erhalten. Dort stehen noch die Häuser mit ihren Giebeln und Lauben fast unverändert; auf dem Hintergrunde der evangelischen Fachwerkkirche ein über-

3) Kaiser Leopold I. erläßt (in einem Schreiben vom 13. April 1669 an das Breslauer Oberamt) das Verbot des Überschreitens der Grenze bei Androhung schwerer Strafen; es sollte dadurch der Besuch der neuen, an der Grenze des polnischen Reiches errichteten „unkatholischen" Kirchen verhindert werden (Erich Schmidt a. a. O.).

4) Als einträglichster Erwerbszweig der Rakwitzer wird die Blutegelzucht genannt; sie rettete die Stadt rechtzeitig vor der Verarmung. Durch Mecklenburger eingeführt, gewährte sie über 30 Familien ein gutes Auskommen. So werden z. B. in den Jahren um 1820 über eine Million Egel abgesetzt. 1837 steigt die Ausfuhr auf vier Millionen im Werte von 50000 Talern; 90 vH. der Ware wird nach Hamburg ausgeführt. Seit 1842 ist ein rascher Verfall des Gewerbes eingetreten. — An Handwerkern lebten Ende des 18. Jahrhunderts hier 37 Schuster, 12 Tuchmacher usw. (Wuttke).



Abb. 5. Marktplatz Nr. 127.



Abb. 6. Marktplatz Nr. 91.

aus malerisches Stadtbild (Text-Abb. 1). Der einheitliche Eindruck der untereinander oft nicht unwesentlich abweichenden Häuschen mag als Muster für neuzeitliche Reihenhausbebauung dienen; bei aller Freiheit des Einzelgegenstandes ist der Zwang des einheitlichen Baugedankens unverkennbar. Nur in der Grundrißlösung sind die Abweichungen nicht unbedeutend, so daß die Rückseiten vermöge der verschiedenen Bebauungstiefen stark aus der Flucht gerückt erscheinen.

Im Nachstehenden sind aus der Häuserzeile nur drei benachbart stehende Häuschen wiedergegeben. Die Front-



Abb. 7. Blick unter die Lauben.

breite ist durchschnittlich 8,70 m. Der Grundriß zeigt übereinstimmend eine Werkstatt (Laden) und Wohnstube nach der Marktseite, beide durch einen schmalen Flur getrennt. Von diesem gelangt man zur Geschoßtreppe und — an ihr vorbei — zu einem Hofflur. Der offene Kamin, gleichzeitig Küche, ist in allen Beispielen noch gut erhalten. Der Laubengang ist in gleicher Breite durchgeführt (3,70); er wird von hölzernen Stützen gebildet; die viereckigen Säulen haben verschiedene Stärke (bis 37 cm) und sind in guter Handwerkskunst erstellt (Text-Abb. 7). Die Giebel über den Lauben sind durchweg leicht gebaut, meist nicht ausgemauert. Offenbar sollte das Gewicht tunlichst verringert werden. Demgemäß sind die Giebelstuben vielfach nicht hier, sondern gartenseitig vorgesehen. Es zeigt von guter Gesinnung der Erbauer — vielleicht aber auch von dem guten künstlerischen Verständnis des seinen Bauwillen hier kräftig geltend machenden Starosten —, daß die einzelnen Häuschen dort, wo sie aneinandergrenzen, gleiche Traufenhöhe aufweisen. An sich ergab sich diese verschieden, beeinflußt durch die Abweichungen der Einzelhäuser in ihren lichten Stubenhöhen. Nur so erklärt sich bei Nr. 126 die Ungleichmäßigkeit des Giebels (Text-Abb. 3), der eben den Ausgleich zwischen den stark voneinander abweichenden Traufenmaßen der benachbarten Häuser schaffen mußte. Aus diesem Grunde ist auch hier der Bauteil oberhalb der Laube in keinem einheitlichen Zusammenhang mit dem übrigen Gebäude und erscheint (vgl. Längenschnitt in Text-Abb. 4) diesem vorgeblendet. Dieses bei alten Bauten oft rührend anmutende Sichbescheiden und Anpassen an die Nachbarschaft mag als das Wertvollste gelten, was neuzeitliches Bauwesen vergessen hat und in unserem wiederauflebenden Städtebau nicht eingehend genug gewürdigt werden sollte.

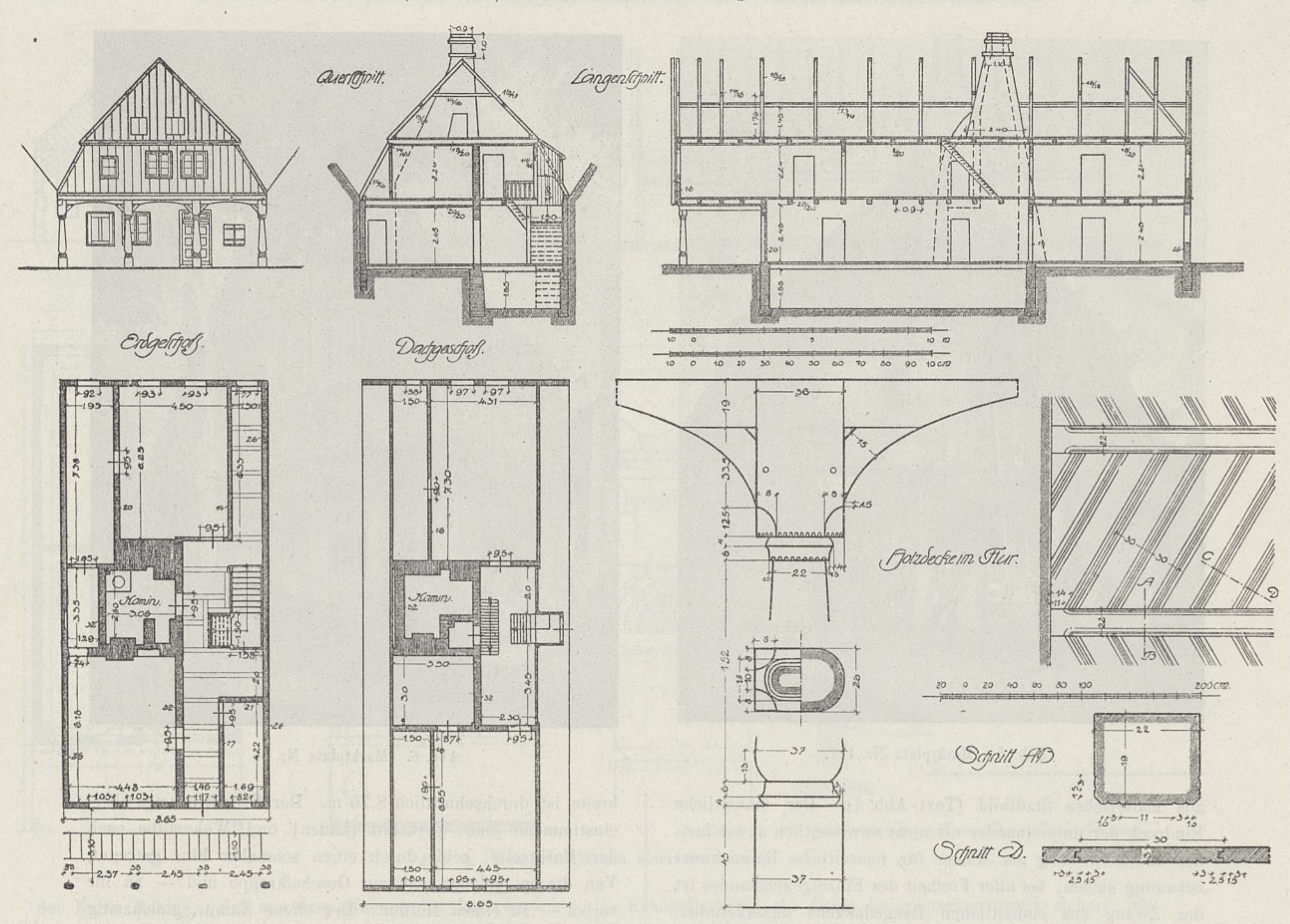


Abb. 8. Haus Nr. 127 am Markt in Rakwitz.

Haus Nr. 125 (Text-Abb. 2) ist das architektonisch bemerkenswerte der Reihe. Dem schlichten Winkeldach ist ein in einfachen Formen gegliederter Barockgiebel vorgesetzt; Verdachungen im Winkel der Dachneigung über den Giebelfenstern ergänzen das Bild des Steinformen nachbildenden Giebels. Nur die Verbretterungen und deren Fugenleisten bewirken wieder den Anschluß an gesunde Zimmermannskunst. Die auffallend hohen Stützen der Laube lassen dieses Haus etwas aus dem Rahmen der Zeile hervortreten und geben ihm ein bevorzugtes Gepräge. Der tonnengewölbte Keller ist unter der Werkstatt vorgesehen worden; sein Zugang liegt unter der Bodentreppe. Um Licht für den Kellerraum zu gewinnen, ist der Erdgeschoßfußboden im Gegensatz zu den benachbarten Häuschen stark über das Gelände erhöht worden.[5]

Haus Nr. 126 (Text-Abb. 4) ist von allen Häusern der Marktseite das einzige, das außer den Stützen unter den Giebelecken keine weiteren Säulen aufweist; demnach fehlen auffallenderweise die beiden Mittelstützen. Die Erklärung ist wohl darin zu suchen, daß bei dem schon erwähnten Ausgleich der verschieden hohen seitlichen Traufen an den Nachbargrenzen die Lösung den Zimmermeister vor eine von den anderen Häusern abweichende Aufgabe stellte. Die Konstruktion hat sich übrigens nicht bewährt; in neuerer Zeit wurde eine nüchterne Mittelstütze nebst Sattelholz und Kopfbändern angebracht, wohl um weitere Senkungen des Giebels zu verhüten.[6] Die Ungleichmäßigkeit des Aufbaues ist aus dem Vorigen gleichfalls zu erklären. Die Bretterschalung des Giebels zeigt starke Auskehlungen und beiderseits der Mittellinie je gleichartig angeordnete, schräge Fischgrätenmuster. Die in einem Anbau aus Riegelwerk untergebrachte Geschoßtreppe dürfte aus jüngerer Zeit herrühren.

Haus Nr. 127 (Text-Abb. 5 u. 8) hat ein ausgesprochenes Mansardendach. Hier ist, entgegen den übrigen Hausbeispielen, eine lotrechte Verbretterung vorhanden; ob diese ursprünglich angeordnet wurde oder anläßlich einer Erneuerung, konnte nicht festgestellt werden. Bemerkenswert sind hier auch die geräumige Diele und gut erhaltene, sichtbare Holzdecke. Die 37 cm breiten Stützen sind seitlich erheblich schmäler und verschwächen sich bis auf 25 × 12 cm des Kopfquerschnittes; durch Abrunden der Ecken ist der Säulenschaft schlanker erscheinend. Kopfbänder und Unterzug sind nach einem Korbbogen geschweift bzw. ausgeschnitten. Diese wohl-

5) Text-Abb. 3 zeigt die Wiederherstellung des Fensters links vom Flur; der gegenwärtige Zustand ist punktiert angegeben.

6) Auch sind die abgefaulten Säulenfüße einiger Laubenstützen durch Untermauerungen ersetzt worden.

durchdachten Einzelheiten geben dem Hause im Verein mit der gut abgewogenen Brechung des Mansardengiebels etwas Vollkommenes, Abgerundetes und zeugen von gut geschultem Auge des Erbauers. Die glückliche Giebelform gestattete auch eine gute Ausnutzung des Dachraumes zu Wohnstuben.

Was die Formengebung der Laubenhäuser in Rakwitz anlangt, so bieten diese architektonisch kaum etwas Neues. Ein Vergleich mit den Bauernhäusern Schlesiens und Böhmens[7]) läßt die unleugbare Verwandtschaft mit diesen erkennen. Wie überall, haben auch hier die deutschen Einwanderer die ihnen geläufigen Bauformen der alten Heimat verwendet; die hochentwickelte polnische Holzbaukunst war hier, so nahe der schlesisch-deutschen Grenze auf die Erstellung dieser Laubenhäuser ohne Einfluß. Die sonstigen, bisher im Fachschriftenwesen bekannt gewordenen Laubenhäuser der Provinz[8]) weisen mit den Rakwitzer Beispielen nur geringe Ähnlichkeiten auf; die deutsche Wesensart ist nicht so ausgeprägt wie hier[9]); auch handelt es sich dort stets um Bauern-, nicht aber städtische Häuser. Der Wert der Laubenhäuser von Rakwitz liegt aber in der zweifellos gefälligen, geschickten und in ihrer Art vollkommenen Übertragung der Formen des deutschen Bauernhauses auf städtische Programmforderungen und in der Schaffung von Reihenhäusern, die in städtebaulich bemerkenswerter Art den Zusammenhang mit der ursprünglich bäurischen Bauweise aufweisen.[10])

Die Aufnahmen wurden unter Leitung des Verfassers von Schülern der Königl. Baugewerkschule in Posen angefertigt, im Sinne ministerieller Unterrichtsvorschriften und im Einverständnis mit dem damaligen Schulleiter, Herrn Professor Dipl.-Ing. C. E. Böhm, jetzigen Regierungs- und Gewerbeschulrat in Potsdam. Die Lichtbilder sind von Herrn Reg.-Baumeister Eberhardt für Schulzwecke hergestellt worden.

7) Vgl. Freiheit, Eisenbrot, Gegend um Turnau usw., sämtlich in Böhmen (Bauernhaus in Österr.-Ungarn).

8) Das Bauernhaus in Deutschland (Taf. Posen).

9) In dem 1916 erschienenen Werk „Czy mamy polska architekture“ von Arch. Stefan Szyller (spr. Schiller), Warschau, sind die Rakwitzer Lauben als Erzeugnisse polnischer Kunst beschrieben und abgebildet. Hiergegen muß ebenso energisch Front gemacht werden wie bei den übervölkischen Bestrebungen der Tschechen, die alle deutsche Kunst Böhmens als slavische Erzeugnisse ansprechen. Vergleicht man Rakwitz mit den Laubenhäusern des inneren Polen, so fällt sofort das kennzeichnend-deutsche steilere Dach der Giebel auf.

10) Die bedauerliche Verunstaltung der Stadt durch Vorblenden unverputzter Backsteingiebel an die alten Holzhäuser zeigt der Verfasser als „Gegenbeispiel“ in dem Aufsatze: „Schutz den Kleinstädten“ (Bauwelt 1915, Nr. 42).

Das Grabmal Theoderichs des Großen in Ravenna und seine Herleitung aus der germanischen Holz- und Flechtbaukunst.[1])

Vom Geheimen Baurat Prieß in Koblenz.

Schon im Jahre 1842 hat v. Quast in seiner Behandlung der altchristlichen Bauwerke Ravennas über die Schmuckformen des Theoderichgrabmals die Ansicht ausgesprochen, daß sie ganz eigentümlicher Art seien, daß man in ihnen vorzugsweise ein erstes Anklingen einer eigenen germanischen Kunst suchen dürfe, so sehr das Vorhandensein einer solchen bis dahin auch von vielen Seiten überhaupt in Abrede gestellt werde, und daß hier schon Formen vorgebildet seien, die im allgemeinen erst etwa ein halbes Jahrtausend später ihre weitere Anwendung und Entwicklung in der mittelalterlichen Baukunst finden sollten. Über die Gesamtform des Grabmals ist v. Quast dagegen der sonderbaren, jedoch noch heute von manchen geteilten Ansicht, daß dem Entwerfenden das Grabmal Hadrians in Rom, die spätere Engelsburg, oder irgend eine andere römische Grabanlage als Vorbild gedient habe, während doch schon der gewaltige Stein, der nach Art nordischer Hünengräber das Theoderichgrabmal abdeckt, unzweideutig auch für die Erfindung der Gesamtanlage den nordischen, germanischen Grundgedanken hätte nachweisen sollen. Das Grabmal ist im ganzen und im einzelnen trotz vieler Abhandlungen darüber eigentlich erst in neuerer Zeit gründlich erforscht und aufgenommen worden. Erst seit einigen Jahren liegt endlich eine mustergültige Aufnahme desselben von Haupt[2]) vor, die, von berufenster Hand gefertigt, des dargestellten hochwichtigen und für das Germanentum bedeutsamen Denkmals würdig erscheint. Haupt weist im Text dieses Werkes, der sich den bildlichen Wiedergaben ebenbürtig an die Seite stellt, vielfach darauf hin, daß für manche Einzelformen des Denkmals die Formen der Holzbaukunst vorbildlich gewesen seien. Nicht berührt ist in dieser Veröffentlichung jedoch, daß die Germanen ebenso wie andere Völker, vor und gleichzeitig mit der Holzbaukunst, eine noch ursprünglichere Flechtbaukunst besessen und daß auch deren Formen vielfach beim Grabmal als Vorbild gedient haben.

Die Flechtbaukunst hat in kunstgeschichtlichen Werken, von wenigen bescheidenen Ansätzen abgesehen, bisher noch kaum Beachtung gefunden, obgleich schon Ovid wußte, daß die Menschen der frühesten Zeitalter, soweit ihnen nicht Höhlen und dichte Gestrüppe Unterschlupf gewährten, sich ihre einfachen Behausungen aus Ruten und Zweigen durch Bast und Baumrinde zusammenbanden und flochten.[3]) Auf sprachlichem Gebiet hat zuerst Meringer[4]) darauf hin-

1) Fortsetzung des Aufsatzes in Jahrg. 1916, S. 327 und der dort angegebenen früheren Aufsätze.

2) A. Haupt, Monumenta architectonica Germaniae, Lieferung 1, Das Grabmal Theoderichs des Gr. zu Ravenna, Leipzig 19 3.

3) Ovid. Metam. I, 121.
Tum primum subiere domus. Domus antra fuerunt
Et densi frutices et vinctae cortice virgae.

4) Etymologien zum geflochtenen Hause in den Abhandlungen zur germanischen Philologie, Festgabe für R. Heinzel. Halle a. S. 1898.

gewiesen, daß unser heutiges Deutsch noch die Anklänge an die ehemals von unseren Vorvätern ausgeübte Flechtbaukunst bewahrt. Er führt aus, daß das Wort „Wand“ sprachlich nicht, wie man früher annahm, mit „Wenden“ zusammenhängt, weil man gezwungen ist umzuwenden, wenn man gegen eine Wand angeht, sondern mit „Winden“, weil die Wand ursprüglich aus Ruten und Zweigen zusammengeflochten und -gewunden war. Ebenso steht der Name des Baumes, der die zum Flechten oder Winden geeignetsten Ruten hergab, der Weide, nach Meringer in sprachlichem Zusammenhange mit dem Worte „Winden“.[5]) Meringer ist durch die aus Weiden gewundene Wand auf sprachlichem Gebiete auf den richtigen Weg geleitet worden. Versuchen wir, ob auf baugeschichtlichem beim Grabmal Theoderichs ein ähnlicher Weg, ein Zurückgehen auf die Flechtbaukunst, nicht auch zu neuen und überzeugenden Ergebnissen führt.

Unsere Vorväter legten, wie die heutigen Nachgrabungen nachweisen, ihren Verstorbenen vielfach das zum Erdenleben Notwendige, wie stattliche Kleidung, Waffen, Schmuck, Lebensvorräte, Geld und ähnliches mit in das Grab. Sie bekunden damit ihren Glauben an ein Weiterleben des Verstorbenen nach seinem Tode oder an eine Auferstehung. Der Tote sollte im jenseitigen Leben diejenigen Dinge nicht entbehren, die ihm im diesseitigen notwendig waren. Insbesondere sollte ein König und Held seiner Würde angemessen in Allvaters Saal erscheinen. Selbst zu den Zeiten, in denen eine Verbrennung des Toten bei unseren Vorvätern Sitte war, wurde ihm wenigstens ein Haus, wenn auch nur als kleine Nachbildung, ins Jenseits mitgegeben. Die Asche des Verstorbenen wurde in etwa 1 bis $1^1/_2$ Fuß hohen Urnen von Ton untergebracht, und dieser Unterbringungsort oder diese Wohnung des Toten wurde, wie dies Stephani[6]) näher ausführt, der Wohnung des Lebenden nachgebildet. Hierbei wurde aber meistens nicht die Wohnung des Lebenden in ihrer gerade üblichen Form unmittelbar zum Vorbild genommen, sondern man bevorzugte diejenige Form, die von alters her einmal bei Bestattungen üblich und durch den uralten Gebrauch geheiligt war. Die Aschenurnen weisen uns daher bei den Germanen vielfach die ursprünglichste Hausform nach, und diese stellt auch bei unseren Vorvätern einen Flechtbau dar, wie die in Abb. 1 gegebenen, dem Werke von Stephani entnommenen drei Bilder von Aschenurnen aus Deutschland ohne weiteres dartun. Auch auf der Mark-Aurel-Säule in Rom sind die Wohnungen der von den Römern bekämpften germanischen Völker als Flechthäuser, und zwar anscheinend schon in höherer Entwicklung, dargestellt. Dies ist aus der Abb. 1d, gleichfalls dem Werke von Stephani entnommen, zu ersehen, wo die Römer ein markomannisches Dorf niederbrennen. Ob diese Flechthäuser der römischen Säule nun aus zusammengebogenen und verschnürten Ruten oder Stangen bestanden haben, wie es anscheinend nach dem ersten Anblick der Fall ist, oder ob die einzelne scheinbare Stange aus einem Bündel von Ruten oder gar von Rohrhalmen zusammengesetzt war, mag dahingestellt bleiben.[7]) Auch Strabo sagt schon von den Kelten in Gallien: „Sie haben große rundgestaltete Häuser aus Bohlen und Flechtwerk und bedecken sie dick mit Rohr.“[8]) Meringer[9]) führt auch Vitruv an, der die Verwendung von Flechtwerk mit Lehmüberzug für frühere menschliche Behausungen, die aber auch noch zu seiner Zeit in Gallien, Spanien und Aquitanien Sitte war, angibt.

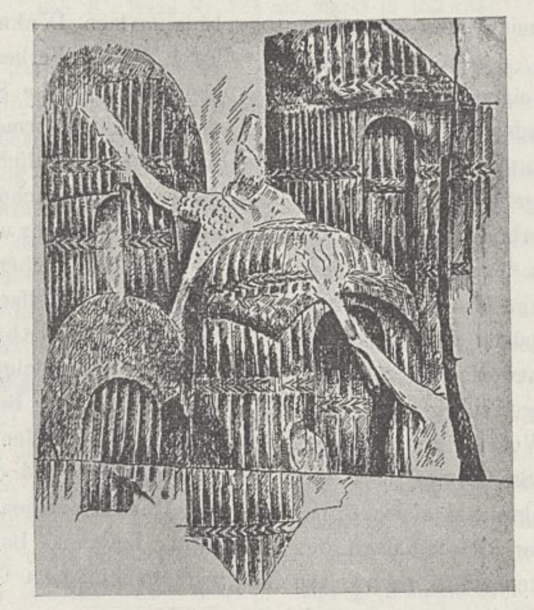
Schon nach diesem Wenigen dürfte es keinem Zweifel unterliegen — und unten sollen aus der Steinbaukunst die nötigen Beweise noch nachgebracht werden —, daß auch viele Stämme der Germanen Flechthäuser ursprünglich als Behausung besessen haben. Solche Häuser konnte in der Frühzeit, wo es überhaupt kaum Bauhandwerker gab, sich

Abb. 1.
Darstellungen von Flechthäusern.

a. b. c.

a, b, c Hausurnen von Luggendorf, Tochheim und Königsaue.

(Nach Stephani, Der älteste deutsche Wohnbau. Bd. 1).



d. Römische Krieger zünden Markomannenhütten an. Darstellung von der Mark-Aurel-Säule.

5) Den naheliegenden entsprechenden Zusammenhang zwischen Binden und Binse will Grimms Deutsches Wörterbuch nicht gelten lassen, obgleich der Zusammenhang für das lateinische juncus und jungere ohne weiteres daselbst anerkannt wird.

6) Stephani, Der älteste deutsche Wohnbau und seine Einrichtung. Bd. 1. Leipzig 1902.

7) Auf verschiedenen Bildern der Mark-Aurel-Säule ist dargestellt, wie die römischen Soldaten bei ihren Kampfen gegen die Germanen tagelang durch dichte Rohrwälder von mehr als Mannshöhe hindurch marschieren mußten. Bevor in Deutschland und den anliegenden Ländern die Flüsse durch Uferbauten und Deiche in feste Betten eingeschlossen waren, müssen sie in verwildertem Zustande große Teile dieser Länder mehrmals in jedem Jahre überflutet und zu Sümpfen gemacht haben. Sumpf, Rohr und damit Bauten aus Rohr werden daher in früheren Zeiten in diesen Ländern sich viel mehr vorgefunden haben als heute.

8) τοὺς δ' οἴκους ἐκ σανίδων καὶ γέρρων ἔχουσι μεγάλους θολοειδεῖς, ὄροφον πολὺν ἐπιβάλλοντες.

9) a. a. O. S. 186. Auch die Anführung von Strabo stammt von dieser Stelle.

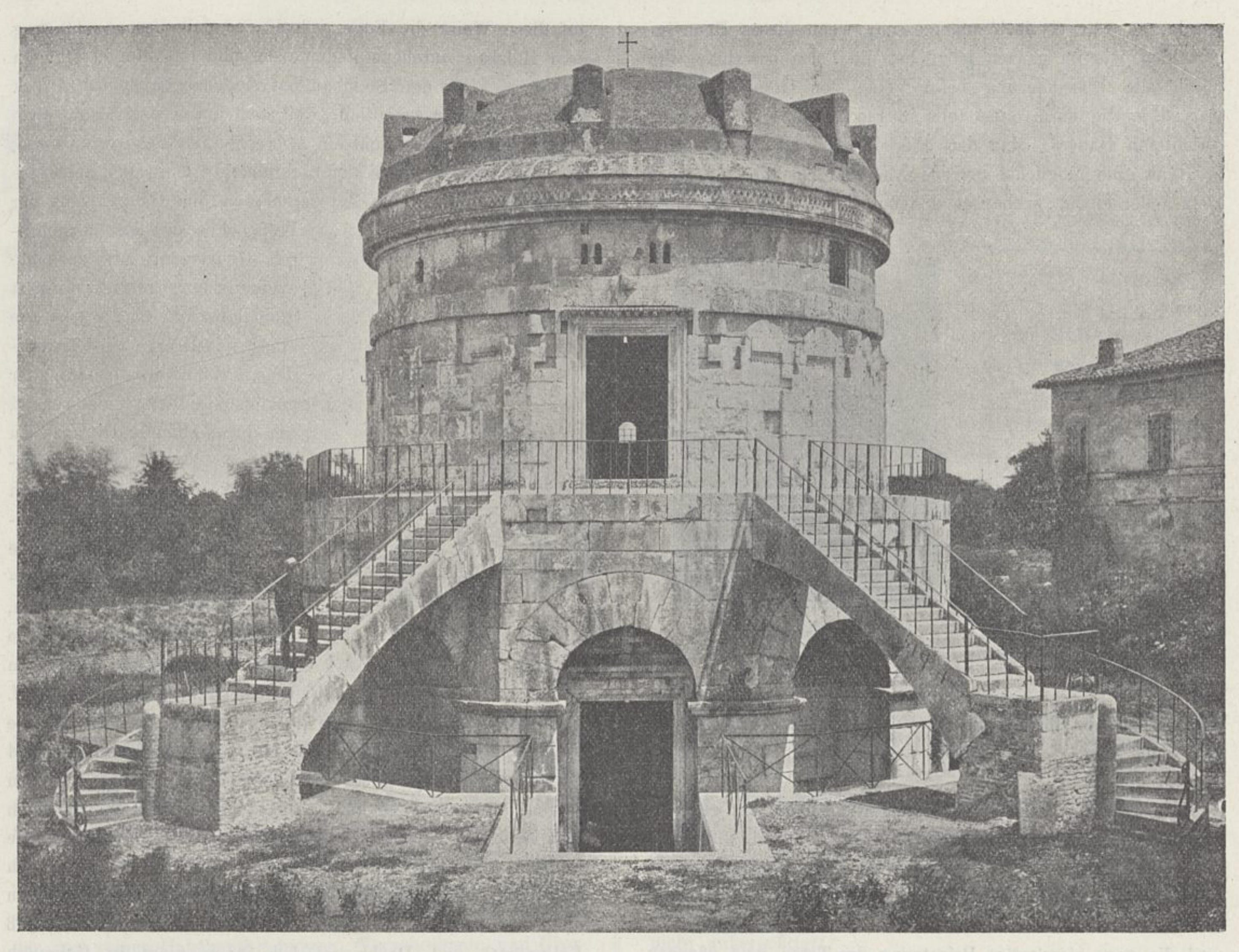


Abb. 2. Grabmal Theoderichs in Ravenna. Vorderansicht.

jeder fast ohne besondere Werkzeuge selbst machen. Die Ausführung von Holzbauten, sei es in Rundhölzern oder gar in vierkantig bearbeiteten Balken, Bohlen und Brettern, erfordert dagegen schon eine viel größere werkliche Geschicklichkeit und Erfahrung, sowie verschiedenerlei besonderes Handwerkzeug. Als die Goten unter ihrem König Theoderich in Italien einzogen, standen sie schon jahrhundertelang auf einer hohen Bildungsstufe, und selbstredend werden sie schon frühzeitig alle Werkzeuge zur Holzbearbeitung besessen haben, um brauchbare und wohnliche Holzhäuser für sich zu schaffen. Am Palaste Attilas, der gewiß nicht von den Hunnen, sondern durch die von ihm zur Gefolgschaft gezwungenen Goten ganz aus Holz erbaut war, hebt der Gesandte des römischen Kaisers, Priskus, der seinen Besuch in der Hofburg Attilas selbst schildert, hervor, daß die Häuser teils aus geschnittenen Brettern, die kunstvoll zu Schmuckformen zusammengefügt waren, teils aus Balken bestanden.[10]) Der Gote Jornandes setzt in der Geschichte seines Volkes noch hinzu, daß das Gefüge der Bohlen oder Bretter an den Häusern Attilas derartig dicht war oder ein Ganzes vortäuschte, daß man selbst beim aufmerksamen Hinsehen kaum eine Fuge entdecken konnte.[11])

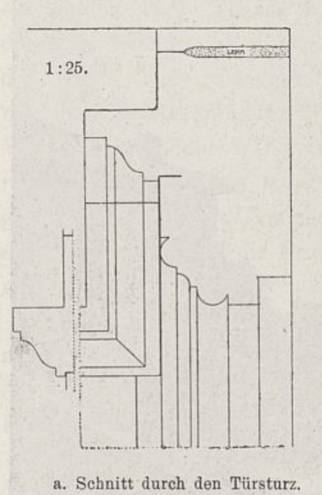
10) . . . τὰ μὲν ἐκ σανίδων ἐγγλύφων καὶ ἡρμωσμένων εἰς εὐπρέπειαν, τὰ δὲ ἐκ δοκῶν . . .

11) Jornandes Getica cap. 34: compago ita solidum mentiebatur, ut vix ab intentu possit junctura comprehendi.

Nebenbei wird sich aber bei den Goten die alte Flechtbaukunst noch weiter erhalten haben, sei es für die Gesamtausführung bescheidener Bauten, sei es zur Verbindung der einzelnen Hölzer eines Holzbaues durch Umwindung und Verflechtung mit Bastseilen, Streifen von Baumrinde und ähnlichem, oder zur Ausführung einzelner Teile von Holzbauten in Rutengeflecht mit Lehmbewurf, wenn für diese Teile eine derartige Ausführung besonders geeignet erschien. So werden ja jetzt noch in manchen Gegenden Deutschlands bei Holz- oder Fachwerkbauten die Gefache vielfach mit Holzstaken oder mit Flechtwerk ausgesetzt und dann mit Lehm beworfen und glatt gestrichen. In Hildesheim und anderen norddeutschen Städten hat sich diese Fachwerkausfüllung neben der Ziegelausmauerung auch bei besseren Bauten bis in die heutige Zeit im Gebrauch erhalten.

Wenn der König Theoderich († 526) sich daher einen Grabesbau im Anschluß an die alten Sitten und die Denkart seines Volkes errichten lassen wollte, so liegt es nahe, daß er da, wo der einzelne nur die Andeutung oder das Modell eines Flechthauses von höchstens anderthalb Fuß Höhe und Breite als Beigabe bei seiner Bestattung erhielt, sich ein ganzes Grabeshaus erbauen ließ. Und wenn dieses Haus auch ganz von Stein in größter Haltbarkeit, gewissermaßen als Wohnung des Bestatteten für die Ewigkeit ausgeführt

wurde, so war es doch angemessen, wenn dieses Haus im einzelnen wie im ganzen möglichst die Form bewahrte, die durch alte Überlieferung beim Volke der Goten geheiligt war, d. h. die Form eines teils in Flecht- teils in Holzwerk errichteten Hauses. Man darf hierbei aber selbstverständlich nicht an eine möglichst getreue Ab- und Nachbildung eines Holz- oder Flechtwerkhauses denken, sondern die alte Hausanlage bot nur die Motive und gewissermaßen das Urbild dar, nach dem sich im Geiste des Entwerfenden der Grabmalbau gestaltete.



a. Schnitt durch den Türsturz.


b. Ansicht.

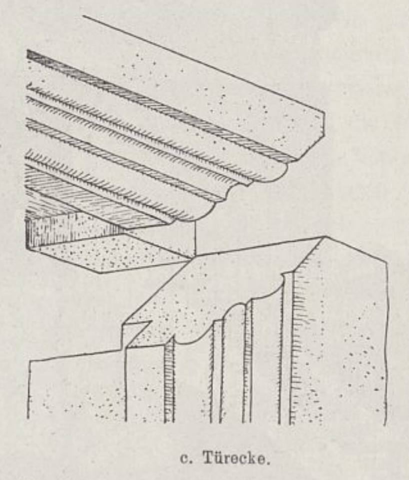

c. Türecke.

Abb. 3. Tür im Untergeschoß des Grabmals.

Wenden wir zum Beweise der Richtigkeit der gemachten Schlußfolgerung uns nunmehr dem Grabmal selbst zu, indem wir zunächst das Untergeschoß, dann das Obergeschoß und schließlich die Gesamtanlage auf ihren Zusammenhang mit der Holz- und Flechtbaukunst hin betrachten. Das Innere und die ganz eigenartige Beisetzung des Toten muß dagegen als zu umfangreich für eine spätere Behandlung zurückgeschoben werden. Wir werden sehen, daß im Untergeschoß die reine Holzbauweise die Gestaltung der Formen vorschrieb, während im Obergeschoß oder, wie wir sagen, im Stockwerk zum großen Teil eine Bauausführung in Stab- oder Stockwerk in Vermengung mit dem Holzbau als Urbild gedient hat. Es ist ja auch nur natürlich, daß im schwerer belasteten und der Grundfeuchtigkeit mehr ausgesetzten Untergeschoß vorzugsweise der tragfähigere und gegen Nässe einigermaßen widerstandsfähige Holzbau, im Stockwerk dagegen das leichtere und gegen aufsteigende Feuchtigkeit besonders empfindliche Stab- und Stockwerk mit Lehmbewurf angewendet wurde.

Im Untergeschoß des Grabmals stellt sich als wesentlichste Kunstform die Tür dar. Wie man aus dem Gesamtbilde Abb. 2 und der Einzeldarstellung Abb. 3[12]) ersieht, ist die Umrahmung dieser Tür an den Ecken außen auf Gehrung unter 45 Grad zusammengeschnitten, während die inneren Teile des Steines sich rechtwinklig übereinanderlegen. Geradeso wird es bei sorgfältig ausgearbeiteten Türbekleidungen aus hölzernen Bohlen noch heute gemacht. Wenn das Holz später zusammentrocknet und schwindet, so bleibt auf diese Weise die Fuge gedeckt, so daß diese Ausführung dem Holzbau durchaus angemessen und aus ihm entstanden erscheint. Für den Steinbau hat sie dagegen keinen Zweck und wirkt sogar schädlich, weil sich am oberen Stein spitze Winkel bilden, die leicht ein Abbrechen der Ecke veranlassen, was hier offenbar nach der Lichtbildaufnahme auch teilweise stattgefunden hat. Die Art ferner, wie das Hauptgesims der Pfeiler über der Tür mit mehreren Gehrungen auf gesuchte Weise hochgezogen ist, erinnert gleichfalls an die Werkweise eines im Holzbau großgewordenen Handwerkmeisters, der gekünstelte Mittel nicht scheut, um durchlaufende Gesimse zu erhalten. Das eigentliche Profil der Türöffnung besteht nach Abb. 3a aus zwei halbkreisförmigen Rundstäben mit einer Kehle dazwischen. Diese in der späteren sogenannten romanischen, richtiger deutschen Baukunst so vielfach verwendete Kunstform tritt hier wohl zum ersten Male auf.

Die gewaltigen Steine des Grabmals sind dort, wo die ursprüngliche Bauart von späteren Wiederherstellungs- und Ergänzungsarbeiten unberührt geblieben ist, mit geschliffenen Fugen, die etwa 10 cm in das Steininnere hineinreichen (vgl. Abb. 3a) auf- und nebeneinandergesetzt, während die inneren Teile der Steine etwas ausgehöhlt, und die sich bildenden Hohlräume mit Lehm gefüllt sind. Wenn es nun auch für die Germanen nach Tacitus kennzeichnend ist, daß Kalkmörtel und Dachziegel bei ihnen nicht in Gebrauch waren,[13]) so dürfte die Vermeidung des Mörtels in diesem Falle doch wohl kaum auf absichtlicher Wiederaufnahme alter Volksüberlieferung beruhen. Vielmehr hatten Theoderich und seine Baumeister wohl bei anderen Bauten schon die Erfahrung gemacht, wie ungünstig manche Mörtelarten auf Marmor- und Kalksteine einwirken, indem sie diese zerfressen und auflösen oder wenigstens ihre Oberfläche unansehnlich machen, so daß man sich entschloß bei diesem aus istrischem Kalkstein hergestellten, für längste Dauer bestimmten Grabmale von der Verwendung des Mörtels überhaupt abzusehen. Man scheute in weiterer Folge keinerlei Mühe und Kosten, um die beim Fehlen des Mörtels notwendige, aber viel umständlichere und kostspieligere Verbindung der Steine durch Aufeinanderschleifen der Fugen zu erreichen. Derselbe Grund ist auch wohl bei den griechischen Tempeln, die ohne Mörtel ausgeführt sind, für diese Ausführungsweise maßgebend gewesen. Durch diese besondere Bauart finden beim Grabmal, dem einzigen von Theoderichs Bauten, der der unbegrenzten Haltbarkeit wegen ganz in Quadern von zum Teil gewaltigen Abmessungen hergestellt ist, die besonderen hakenförmigen Steine an den Bögen des Untergeschosses und an den scheitrechten Entlastungsbögen der Türen in beiden Geschossen (Abb. 2) im wesentlichen ihre Erklärung und Rechtfertigung.

12) Die Abb. Nr. 3 bis 6, 10 und 11 sind dem genannten Werke von Haupt entnommen, während die Abb. 7 und 13 nach den gleichen auch von Haupt benutzten in Ravenna käuflichen Lichtbildern gefertigt sind.

13) Tacitus Germania cap. 16: Ne caementorum quidem apud illos aut tegularum usus.

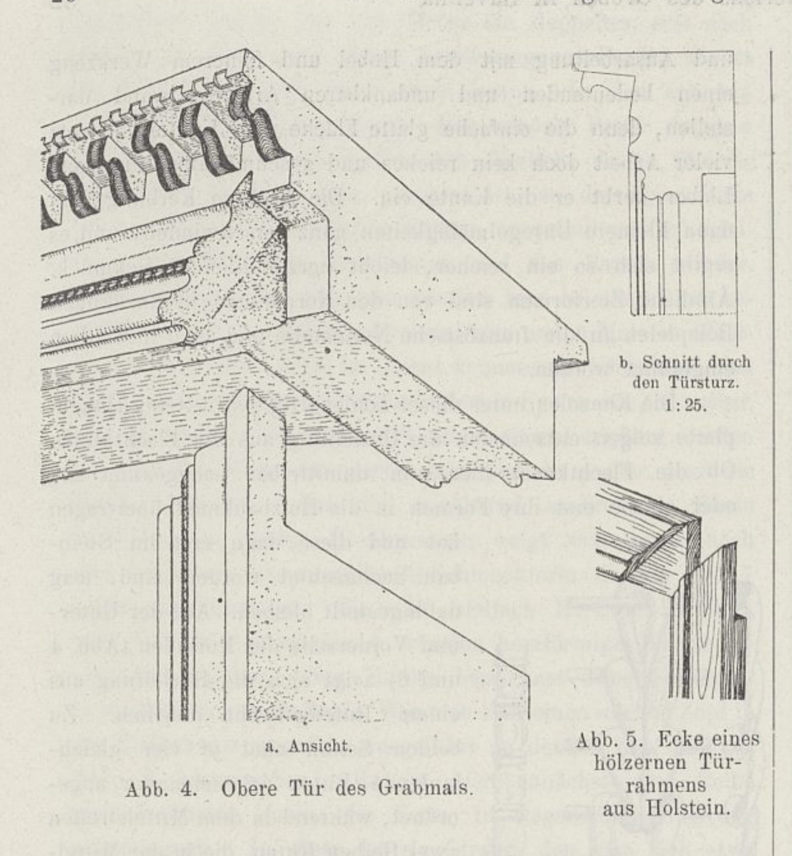


Abb. 4. Obere Tür des Grabmals.

Abb. 5. Ecke eines hölzernen Türrahmens aus Holstein.

Bei der Verwendung von Mörtel wären die Haken überflüssig gewesen. Will man aber ohne Mörtel bauen und sich doch sichern, daß bei einem etwaigen Weichen der Bogenwiderlager kein Stein nach unten durchrutscht oder gar herausfällt, so erscheint diese Ausführungsweise berechtigt. Ein wenig fühlt man sich dabei allerdings auch an die Arbeitsweise eines im Zimmerhandwerk geschulten Meisters erinnert, der von seinen Hakenverbindungen, Verzahnungen und Überblattungen nicht lassen kann. Haupt hat bei Behandlung der Bauten der Westgoten in Spanien manchen Bau nachgewiesen, bei dem nur der letztere Grund für die Anwendung der Hakenverbindungen im Steinbau maßgebend gewesen sein kann.

Abb. 6. Konsole vom Türsturz im Obergeschoß.

Für die Anordnung der Bogen selbst rings um das Erdgeschoß dürften sich dagegen keinerlei Seitenstücke aus dem Zimmerhandwerk heranziehen lassen. Ähnliche Bogen treten aber am Unterbau des ehemaligen Schlosses von Terracina auf, das von Mothes und anderen, allerdings nicht ohne Widerspruch, Theoderich dem Großen zugeschrieben wird. Abbildungen dieser Anlage, bei der auch ein Kämpfergesims derselben Profilierung wie beim Grabmal die Pfeiler umzieht, findet man bei Mothes.[14])

Bei dem Kämpfergesims des Grabmals findet man noch eine Eigentümlichkeit, die auf das Urbild des Holzbaues zurückzuführen sein wird. Dieses Gesims liegt nicht einfach auf den daruntergelegenen Steinen glatt auf, sondern es reicht mit einer Nase über dieselben vorne hinweg (Abb. 3a an zwei Stellen). Einerseits wird die Fuge hierdurch für die Ansicht gänzlich verdeckt, wie das ja für einen Holzbau, wo das Holz leicht zusammenschwindet und dann eine unschöne Spalte sichtbar wird, immer erwünscht ist, und wie Ähnliches auch schon bei Attilas Königshalle gerühmt wird. Anderseits hält diese vorspringende Nase aber die darunter gelegenen Steine auch zusammen, so daß sie in den Stoßfugen nicht auseinanderklaffen können. In ähnlicher Weise werden bei manchen Holzschränken die vier unteren Wände durch ein darübergelegtes Kopfstück mit angearbeiteter oder angenagelter Leiste zusammengehalten und verschränkt. Dieses Kopfstück muß bei den Schränken das nötige Gewicht haben, damit es fest aufliegt. Ebenso hat beim Grabmal dieses Gesimsstück das nötige Gewicht, denn es ist nicht etwa als Steinschicht von der Höhe des Gesimses eingeschoben, sondern der vollen Quaderschicht, die bis zur nächsten Lagerfuge über dem Gesims den Bogenkämpfer bildet, an- und aus ihr herausgearbeitet (vgl. Abb. 2). Also auch hier sind wieder keinerlei Kosten und ungewohnte Ausführungsweisen gescheut, um ein mustergültiges und haltbares Bauwerk zu erzielen. Die ungewöhnliche Ausführungsweise ist auch wieder aus dem Holzbau herzuleiten und erscheint für den Steinbau fremd, wenn auch vielleicht hier in Anbetracht der mörtellosen Bauart nicht unberechtigt.

Über die auf der Außenseite sichtbaren Lager- und Stoßfugen des Gebäudes sei noch bemerkt, daß die Steinflächen sorgfältig glatt gearbeitet (fein gespitzt) sind, und daß in diesen Flächen im Erdgeschoß die Stoß- und Lagerfugen durch eine feine, ganz glatt gearbeitete Nut von 12 bis 15 mm Breite und Tiefe abgesetzt sind. Bei denjenigen Quadern, die späteren Wiederherstellungsarbeiten entstammen, ist die Nut dagegen nicht vorhanden, und es lassen sich daher die alten von den neuen Steinen im allgemeinen gut unterscheiden. In den Ansichtszeichnungen von Haupt[15]) ist auf den Flächen des Erdgeschosses diese Nut überall durch eine Doppellinie sorgfältigst angegeben, daher läßt sich auch hier gut überblicken, welche Steine alt und welche neu sind. Diese Art der eingefalzten Fuge, die mit dem Holzbau nichts zu tun hat, sondern nur eine feingezeichnete Belebung der glatten Flächen geben soll, ohne ihre Einheitlichkeit zu zerstören, wird später bei der Untersuchung des Erdgeschosses im Innern noch von besonderer Wichtigkeit sein.

Die beiden Treppen, die außen zum Obergeschoß emporführen, sind, wie jetzt allgemein anerkannt wird, neuerer

14) Die Baukunst des Mittelalters in Italien, Jena 1884, S. 188. Auch beim Grabmal Theoderichs sind italienische Gelehrte bis ins 18. Jahrhundert hinein mehrfach dafür eingetreten, daß es ein Werk der Römer sei. Schließlich haben aber doch der große Abdeckstein und die klaren Nachrichten über ihn den Sieg über alle Zweifler davongetragen, wie dies Mothes und Haupt näher ausführen.

15) a. a. O. Taf. VIII bis X.

Herstellung und stammen etwa aus dem Jahre 1781. Sie sind daher in den Hauptschen Ansichtszeichnungen ganz fortgelassen.

Wenden wir uns nun dem Obergeschoß und zwar wieder zunächst den Schmuckformen seiner Tür zu. Wenn wir an anderen Stellen des Obergeschosses auf das Vorbild des Flechtwerks stoßen werden, so entnimmt doch diese Tür noch im wesentlichen ihr Urbild aus dem Holzbau. Bei einem Flechtwerkbau ist es auch nur natürlich, die Türumrahmung aus Bohlen oder Brettern herzustellen, da sich an diesen die aufschlagenden Türflügel viel besser befestigen lassen und die Flügel gegen eine glatte Fläche oder in einen Falz schlagen können, was sich bei Flechtwerk nur unvollkommen erreichen läßt. Die Türumrahmung ist wieder, wie Abb. 4a nachweist, halb auf Gehrung, halb auf Überblattung geschnitten. Da Haupt seiner Aufnahme einen gleichfalls so geschnittenen hölzernen Türrahmen aus Holstein zur besseren Klarstellung und als Seitenstück aus der Holzbaukunst beifügt, so sei dies Bild auch hier in Abb. 5 wiedergegeben. Bei der oberen Grabmaltür kommt zu dem Schnitt halb auf Gehrung und halb auf Überblattung noch die Verschränkung hinzu. Der obere Stein greift mit einem Haken über die dreieckige Spitze des Seitengewändes hinweg und hält die beiden Gewändesteine daher in ähnlicher Weise zusammen, wie das Kämpfergesims des Erdgeschosses die Pfeilerquadern daselbst. Um die Sache ganz verwickelt zu machen, ist der Steinhaken des Türsturzes dann noch ausgeklinkt, um ein Loch zur Einbindung irgendeines anderen, vielleicht konsolartigen Steines zu schaffen. Man sieht so recht die Freude, die der Entwerfende am Einzapfen, Anschiften und dem hierzu nötigen vorherigen Austragen gehabt hat, wie sich dies für einen alten Zimmermann geziemt. Am oberen äußeren Rande des Türsturzes springt der Stein nach Art einer wagerechten Holzbohle, die hier aber demselben Stein angearbeitet ist, weit vor. Die untere Kante dieser nachgeahmten Bohle zeigt einzelne kleine Ausschnitte, die nach einem Viertelkreis gegliedert sind, während die Kante scharfkantig und zahnschnittartig dazwischen stehen bleibt. Diese Zierform entspricht wieder so recht der Werkweise des Zimmermanns. Hat er eine scharfe Kante oder eine ebene Fläche mit dem Beil oder anderen einfachen Werkzeugen aus dem Holze herausgearbeitet, so würde die vollkommen saubere Glättung

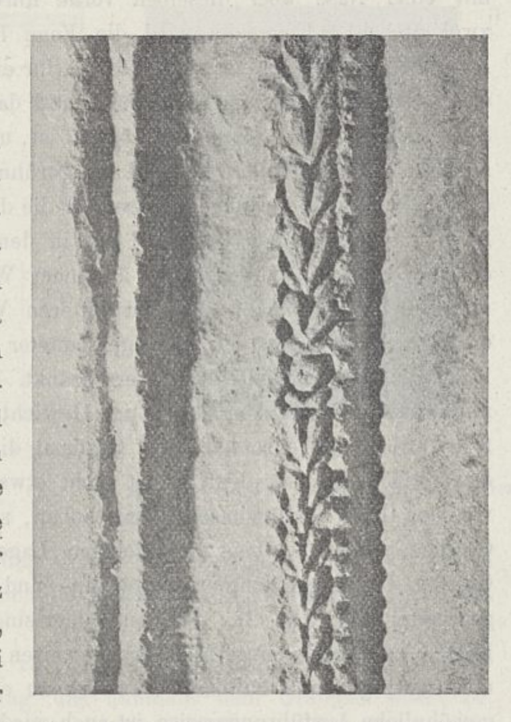
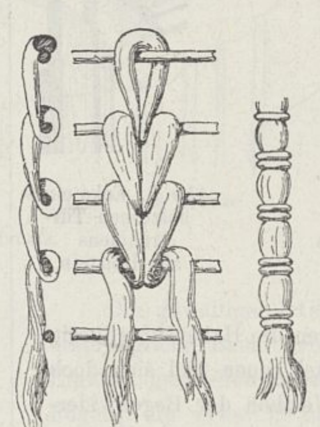


Abb. 7. Schmuck vom äußeren Türgewände im Obergeschoß.

und Ausarbeitung mit dem Hobel und feinerem Werkzeug einen bedeutenden und undankbaren Arbeitsaufwand darstellen, denn die einfache glatte Fläche oder Kante gibt trotz vieler Arbeit doch kein reiches und geschmücktes Aussehen. Lieber kerbt er die Kante ein. Die kräftige Kerbung läßt dann kleinere Unregelmäßigkeiten ganz verschwinden, und es ergibt sich so ein reicher, leicht herzustellender Schmuck. Ähnliche Zierformen sind von den Normannen in unzähligen Beispielen in die französische Normandie und auch in Sizilien eingeführt worden.

Die Konsolen unter dieser bohlenartig gearbeiteten Hängeplatte zeigen entschieden die Herleitung aus der Flechtkunst. Ob die Flechtkunst hier nun unmittelbar nachgeahmt ist, oder ob sie erst ihre Formen in die Holzbaukunst übertragen hat und diese dann erst im Steinbau nachgeahmt worden sind, mag dahingestellt bleiben. Auf der Unter- und Vorderseite der Konsolen (Abb. 4 und 6) zeigt sich die Herleitung aus einem Rutengeflecht deutlich. Zu beiden Seiten sind je vier gleichlaufende Ruten nebeneinander angeordnet, während in dem Mittelstreifen zwei Reihen Ruten, die in der Mittelnaht miteinander verflochten sind, grätenförmig gegeneinander laufen. Ruten kann man sowohl in sanfterem Schwunge biegen, als auch plötzlich scharf knicken, ohne daß sie brechen. Die Anwendung von Knicken und Schwüngen nebeneinander in demselben Linienzuge, wie dies die Seitenansicht zeigt, ist daher gerade für Flechtarbeit etwas sehr Bezeichnendes, und eine Unzahl der verschiedensten Linienspiele, geknickt, geschwungen und ineinanderlaufend zeigt sich gerade bei den Konsolen bodenständiger Kunstweisen. Zu diesen sind unter anderen auch nach der Neugeburt der Künste die wieder auf das Natürliche und Heimische zurückgreifende Bauweise der deutschen Renaissance, dann aber auch der Barockstil zu rechnen, nachdem die Spätgotik vorher alles in Regeln und Bande geschlagen und den Formenkreis auf ein Mindestmaß beschränkt hatte. Würde man in dem vorliegenden Falle die in Flechtwerk gedachten Konsolen nebeneinander nur in sanft geschwungenen Formen ausbilden, so würde bei jeder Konsole das Rutenwerk sich nach einer etwas anderen Linie einstellen, und es würde sich ein unregelmäßiges und unschönes Aussehen ergeben. Legt man dagegen, wie hier in dem Überschlag geschehen ist, einen scharfen, fast spitzwinkligen Knick ein, so hält die ganze Rutenform sich besser in der beabsichtigten Lage, und kleinere Unregelmäßigkeiten treten neben der entschiedenen Form des Knickes gänzlich zurück. Wir werden beim Hauptgesims des Grabmals auf diese Eigentümlichkeit der Rutenflechtarbeit zurückkommen.



a. Flechtzopf. b. Perlstab aus Faserschnur entwickelt.

Abb. 8.

Wenn wir als äußeres Profil der unteren Tür eine Kehle zwischen zwei Rundstäben antrafen, so findet sich bei der oberen ein Rundstab zwischen zwei Kehlen vor (Abb. 4b). Alles ist aber schon in feinerer Arbeit und kleinerem Maßstabe gehalten und erinnert im Gegensatz zur unteren Tür mehr an Gliederungen des späteren gotischen Stiles. Auf

die äußere Fläche legt sich ferner ein doppeltes, erst nach außen und dann nach innen geschwungenes Profil, wie es die Antike an dieser Stelle nicht kennt. In den späteren mittelalterlichen Stilen wurde dies schöne Profil dagegen häufig verwendet und findet sich ähnlich, da es für die Ausführung in Holz sehr geeignet ist, an derselben Stelle bei mancher in Bohlen oder Brettern hergestellten Türbekleidung der deutschen Renaissance und des Barock wieder. Diese einfachen Einzelformen werden hier so eingehend behandelt, weil sie sich am Grabmal zum ersten Male in Westeuropa vorfinden. Auch im Orient kommen sie höchstens etwa gleichzeitig oder nur ein wenig früher in Syrien vor, woselbst, wie bei anderer Gelegenheit[16]) schon einmal erwähnt worden ist, seit dem Ende des vierten Jahrhunderts n. Chr. auch die Goten auftraten. Auf der annähernd senkrechten Platte zwischen den beiden Profilierungen zeigt sich ferner noch eine besonders fein ausgeführte Schmuckform, die aus Abb. 7 näher ersichtlich ist. Sie wird vielfach Herzlaub genannt, weil sich hier anscheinend einzelne herzförmige Blätter ineinander schieben. Nur Mothes bezeichnet diese Schmuckform schon richtig als Zopf. Wie man sich einen solchen Zopf in der Flechtkunst ungefähr ausgeführt zu denken hat, mag aus Abb. 8 hervorgehen. Es ist hier zunächst eine Reihe gleichlaufender Ruten, die Kette, in wagerechter Richtung angenommen. In diese ist ein Strang, den man sich etwa aus Hanffasern oder aus Pferdehaaren bestehend denken mag, als Einschlag eingeflochten. Er legt sich zunächst über die obere Rute, so daß er von hier in zwei Strängen herabhängt. Jeder Strang ist dann in weiterer Folge, immer so in die Ruten eingeflochten, daß er sich, wie der Schnitt zeigt, nach vorne hin vor zwei Ruten legt, um sich dann um die untere dieser beiden Ruten ganz herumzuschlingen und weiter dasselbe Spiel dann mit den nächsten beiden Ruten zu wiederholen. Der Strang ist hierbei, wenn er nach hinten geführt ist, fest zu einer Spitze zusammengezogen, während er breit und locker von hinten wieder nach vorne hervorkommt. Schiebt man dann die beiden entgegenlaufenden Stränge auf den Ruten der Kette zusammen, wie dies auf dem Bilde angenommen ist, so ergeben sich von selbst Formen, die ganz denen an Theoderichs Grabmal gleichen. Die Zeichnung soll nun nicht etwa genau die Flechtweise des Zopfes vom Grabmal angeben, sondern nur Ähnliches erläutern. Für die Flechtung eines nur aus zwei Strängen bestehenden Zopfes braucht man nicht eine ganze Kette von gleichlaufenden Ruten, sondern man kann den Zopf auch ohne Kette nur aus zwei Strängen und zwei im großen und ganzen gleichlaufenden Ruten flechten, wobei die Ruten immer die Stränge durchflechten und durchschlingen, um sich in Schleifen gerade dort einzufinden, wo sie als Halt des Ganzen notwendig werden. In dieser Weise wird der Zopf am Grabmal geflochten zu denken sein, und man sieht hier auch auf der Abb. 7 die Ruten neben der Spitze der Herzen immer seitlich von hinten hervorkommen, um nach Umschlingung des Stranges wieder in der Mitte nach hinten zu verschwinden. Man verzeihe hier die Gründlichkeit dieser Ausführungen bei einer scheinbar so geringfügigen Sache. Man wird sie aber wohl erklärlich finden, wenn man bedenkt, wie viele Forscher schon gänzlich falsche Betrachtungen an dieses sogenannte Herzlaub geknüpft haben.

16) Vgl. Denkmalpflege 1915, S. 49. Über S. Vitale in Ravenna und die Kunst der Ostgermanen.

Welchen Zweck kann nun aber an einer ursprünglich aus Holz gedachten Türumrahmung ein solcher aus Fasern oder Haaren hergestellter Zopf haben? Zum eigentlichen Tragwerk des Baues dient er offenbar nicht. Er wird daher nur zur gleichzeitigen Dichtung und Verdeckung der Fugen notwendig gewesen sein. Tür- und Fensteröffnungen werden bei Holz-, z. B. Fachwerkbauten noch heute vielfach so ausgeführt, daß zunächst mit den eigentlichen Bauhölzern die Öffnung ungefähr angelegt wird. In diese wird erst nach Vollendung des Rohbaues ein eigener Holzrahmen oder eine Zarge von Kanthölzern oder Bohlen in besonders sauberer und gut schließender Arbeit eingesetzt, in den dann wieder die Fenster- oder Türflügel einschlagen. Zwischen dem Bauholz und der Zarge bilden sich aber beim späteren Zusammentrocknen der Hölzer leicht Fugen, die unschön aussehen und zu Zugwind, Durchtreiben von Schnee und Ähnlichem Veranlassung geben, und die man daher passend durch einen Flechtzopf der geschilderten Art zudecken und verschließen wird. Schreiber dieses war sehr erstaunt, als er kürzlich in einem der ersten alten Gasthöfe an der Mosel bei den Fenstern des Speisesaals die Fuge zwischen dem Blindrahmen und dem Mauerwerk, sowie zwischen dem Blind- und Flügelrahmen der Fenster in dieser urtümlichen Weise durch ein sauber geflochtenes vorgehängtes Seil aus Moos und Hanfschnur abgedichtet fand, das im Sommer für die Wiederverwendung im nächsten Jahre immer beiseite gelegt wird. Aus dem Osten Deutschlands sind ihm ähnliche Dichtungen nur durch kleinere in die Fugen selbst eingelegte unscheinbare Moosstreifen, nicht durch sorgfältig geflochtene Mooseile bekannt.



Abb. 9. Ecke der oberen Tür des Grabmals von innen gesehen.

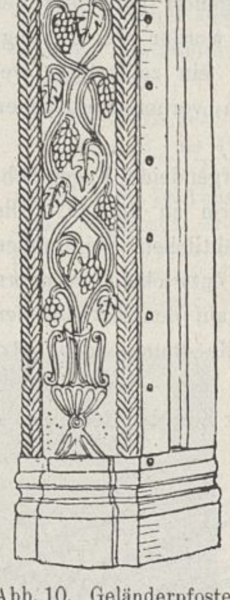
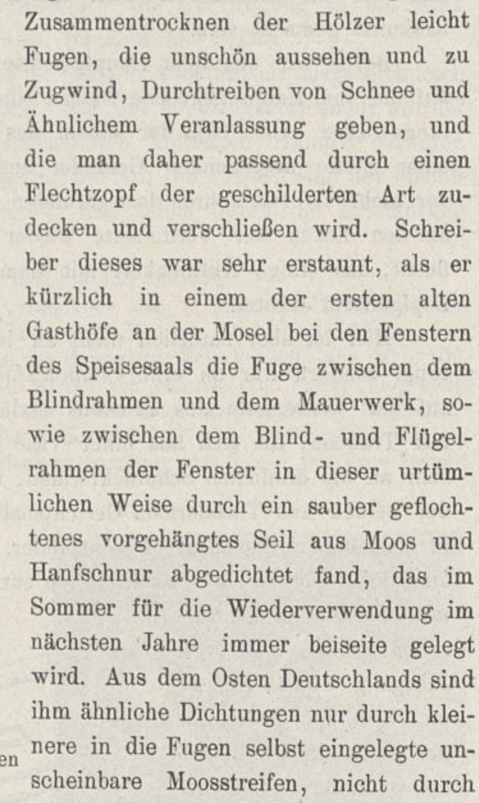


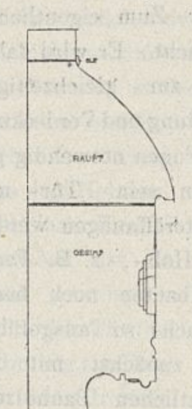
Abb. 10. Geländerpfosten vom Grabmal.



Beim Grabmal ist die Befestigung des geflochtenen Zopfes auf der Fuge offenbar durch runde Holznägel gedacht, deren Köpfe man in kurzen Zwischenräumen erscheinen sieht. Auf beiden Seiten der herzförmigen Maschen zieht sich ferner ein Streifen von kleinen Erhebungen hin, die stark verwittert sind. Sie können entweder als Knötchen oder perlähnliches Band zur Einfassung des Zopfes geknüpft oder geknotet und als der Flechtkunst entnommen angesehen werden, oder als kleine Facetten oder Sägeschnitte gedacht sein, die aus den

Kanten der Hölzer zu beiden Seiten ausgekerbt sind, in welchem Falle die Kunstform also dem Holzbau entstammen würde.

Auf der inneren Seite der besprochenen Tür des Obergeschosses zeigt sich wieder eine Gliederung, die zum Teil aus noch feineren Rundstäben besteht, wie auf der Außenseite, also gewissermaßen aus Stöcken, zwischen die sich schöngeschwungene Kehlen mit schmalen Platten setzen, wie dies Abb. 9 und auch 4a nachweisen. Die Einrahmung von Öffnungen durch zierliche Rundstäbe mit breiteren Kehlen dazwischen kommt in der Spätgotik vielfach vor. Die Stäbe überschneiden sich dabei häufig in den Ecken, wo die Profile zusammenlaufen. Der Ansatz zu einer derartigen Rundstabüberschneidung dürfte hier bei der Grabmaltür zum ersten Male in der Steinbaukunst gemacht sein.

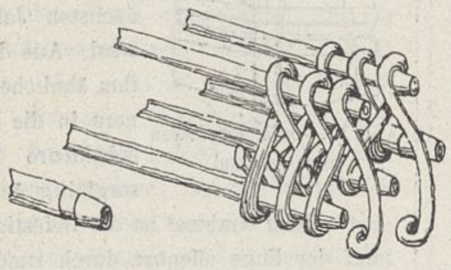

Schnitt.


Teil der Unteransicht.

Abb. 11. Hauptgesims des Grabmals.

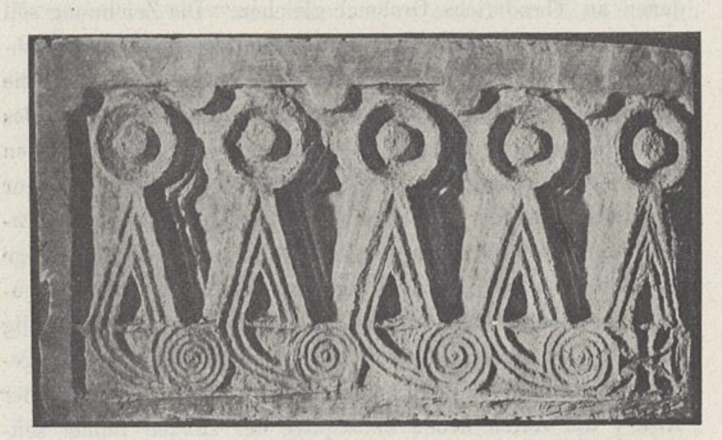
Bevor wir uns dem Hauptgesimse zuwenden, sei noch auf die von Haupt gegebene Skizze eines Marmorpfostens hingewiesen (Abb. 10), der einem das Grabmal an irgendeiner Stelle umgebenden Geländer angehört hat, und der vor mehr als 100 Jahren dort gefunden worden ist. Er zeigt an den Ecken der Vorderseite wieder ein zopfartiges Geflecht, das einige Ähnlichkeit mit dem vorherbesprochenen Zopfgeflecht besitzt.

Hier ist aber natürlich nicht an irgendeine Fugendichtung, sondern nur an eine Schmuckform zu denken. Die auf der Vorderseite des Pfostens ersichtlichen Weinranken mit Trauben, die sich aus einer Vase entwickeln, erinnern sehr an die ähnlichen Schmuckformen, auf den Seitenflächen der beiden aus Theoderichs Gerichtshalle stammenden, jetzt in Venedig aufgestellten Prachtpfeiler, die — wie früher ausgeführt worden ist — nachträglich zur Zeit der Renaissance mit diesem Schmuck versehen worden sind (vgl. Jahrgang 1916 Bl. 41 und S. 338). Es ist daher nicht unmöglich, daß die Geländerpfosten vom Grabmal dem Renaissancemeister bei seiner Nacharbeit als Vorbild gedient haben, und daß man damals also noch den ursprünglichen Herkunftsort der venetianischen Prachtpfeiler kannte. Bei den Geländerpfosten sind die Ranken, Blätter und Trauben sehr straff gezeichnet, so daß man ihnen das Urbild der Korbmacherarbeit noch sehr wohl ansieht, während die Nacharbeit bei den venetianischen Pfeilern sich schon durch eine weitergehende Anlehnung an die natürlichen Formen der Weinreben mit ihren Einzelheiten kennzeichnet.


Abb. 12. Verflechtung von Dachstöcken, zwei oberen und drei unteren.

Wenden wir uns nun dem Hauptgesims des Baues zu, welches anerkanntermaßen ebenso schön wie gänzlich neu und eigenartig erfunden ist. Auf der Unterseite zeigt sich eine Leiste, die zahnschnittähnlich ausgeschnitten ist (Abb. 11). Die Zweckmäßigkeit solcher Ausschnitte zur Schmückung und zur Verdeckung kleinerer Unregelmäßigkeiten bei Flächen und Kanten im Holzbau ist oben schon näher erläutert worden. In Theoderichs Königshalle, jetzt San Vitale in Ravenna, sind auch solche dem Holzbau entnommene ausgekerbten Stäbe und Leisten viel verwandt z. B. als Quergliederung zwischen der Marmorbekleidung der Hauptpfeiler im Erdgeschoß, an der Banklehne in der Apsis, an den Nischen der Vorhalle, am Herkules- und Schildwachenbild, sowie an der Nische für die letztere.[17]) Beim Grabmal legt sich vor diese ausgekerbte Leiste noch eine Perlschnur, deren Entstehung man sich nach Abb. 8b ebenso gut aus einem mit kleinen Querbinden abgebundenen Faserstrang denken kann, wie aus Perlen, die auf eine Schnur aufgereiht sind. Eine Schnur der letzteren Art würde an dieser Stelle keinerlei Sinn haben, während ein Dichtungsstrang aus Fasern zur Verdeckung der Fuge zwischen dem Stirnbrett und dem hinteren Teile des Dachüberstandes beim Holzbau sehr wohl erklärlich ist.

Auf der Stirnfläche des Hauptgesimses zeigt sich eine ganz eigenartige Schmuckform. Sie ist von allen Schriftstellern, die sich mit dem Grabmal beschäftigt haben, mehr oder weniger ausführlich behandelt und nach ihrer Linienführung meistens als Zangenornament bezeichnet worden.[18]) Mit Zangen hat aber diese Schmuckform nichts zu tun. Sieht man dagegen das Theoderichgrabmal als einen Nachklang alter einfacher Bauausführungen des Gotenvolkes an, bei denen das kuppelförmige Dach aus Rutenflechtwerk mit Lehmübertrag hergestellt war, so wird man zu einer anderen Erklärung geleitet, wie sie sich aus Abb. 12 ergibt. Hier sind zwei Reihen von Dachstöcken übereinander so angenommen, daß die Köpfe der oberen Reihe immer in der Mitte zwischen denen der unteren liegen. Diese Dachstöcke sind durch ein dichtes Geflecht von Ruten miteinander verbunden, und zwar so, daß bei jedem oberen Dachstockkopf immer eine Rute der


Abb. 13. Fries vom Hauptgesims des Grabmals.

17) Vgl. Jahrg. 1914, S. 268, 270, 296, 702, 707, 709.

18) Nur Mothes hat auch hier schon an Flechtwerk gedacht (a. a. O. S. 209.)

Umflechtung aufhört. Ähnlich kann man fast bei jedem einfachen Korbe, z. B. einem Papierkorbe, beobachten, daß bei jedem von unten heraufkommenden Staken, wie es in der Korbmacherarbeit heißt, in dem umflechtenden oberen Rande immer eine Rute dieses Randes aufhört. Bei einfachen Körben ist diese aufhörende Rute auf der unteren Seite des Randgeflechtes meistens einfach abgeschnitten. Auf unserer Zeichnung ist dagegen im Schaubilde eine Aufrollung der freien Enden dieser aufhörenden Ruten angenommen, damit sie dem Geflecht zum Schmuck gereichen. Mit dieser Aufrollung ist zunächst aber nur der Anfang gemacht, um die Stockköpfe nicht zu verdecken.

Würde man die Enden nun einfach zu Schnecken aufrollen, so würde dies in der Wirklichkeit kein befriedigendes Aussehen ergeben. Die eine Schnecke würde etwas mehr, die andere weniger tief, die eine mehr rechts, die andere mehr links herabhängen. Hier ist wieder die schon oben bei den Flechtkonsolen erwähnte Knickung am Platze, damit alle Schnecken genau in der gleichen Höhe beginnen. Daß eine derartige Knickung auch bei den Ruten des Grabmalfrieses angenommen ist, ersieht man aus Abb. 13. Den aufgerollten Schnecken mußte nun noch ein sicherer Befestigungspunkt gegeben werden, damit sie sich nicht nach rechts oder links, oben oder unten verschieben konnten. Daher sind sie offenbar an den Köpfen der unteren Dachstockreihe befestigt gedacht, und diese sind darum nicht zu sehen. Während wir nun auf unserer Abbildung die Durchflechtung nur mit einer stärkeren Rute angenommen haben, ist diese beim Grabmal durch drei dünne Ruten oder durch einen Rutenstrang, von dem man nur drei in der Vorderansicht sieht, ganz folgerichtig ausgeführt gedacht, denn dünne Ruten geben ein zierlicheres Aussehen und lassen sich besser als dicke biegen, knicken und aufrollen ohne zu brechen. Wenn in unserer Zeichnung ferner schaubildlich hinter den vorderen Schlingen des Geflechts mehrere dahinter gelegene zu sehen sind, so hat der Künstler beim Grabmal diese auch in zwei weiteren Linien, die neben der Vorderansicht in den Lücken auftauchen, angedeutet. Die Köpfe der oberen Dachstockreihe wird man sich stark eingekerbt zu denken haben, damit die letzte Rutenschlinge vorne nicht abrutscht. Außerdem sind diese Köpfe vorne auch noch durch ein aufgedrehtes Profil geschmückt. Ist doch die Dreh- oder Drechslerarbeit bei den Germanen eine schon von alters her bekannte und beliebte Kunst. Auf diese Weise erklären sich die Scheiben. In das vertiefte Feld zwischen den Dachstockköpfen ragen dann von oben her noch kleine Halbkreise hinein. Diese haben aber nur schmückenden Zweck und sollen die lange gerade Linie aus den oben schon gegebenen Gründen unterbrechen. Ein derartiges Hineinragen des Randes in das vertieft gearbeitete Schmuckfeld ist später in der deutschen Renaissance in allen möglichen Lappenformen ein sehr beliebtes Motiv geworden, das hier wohl zum ersten Male und in ganz bescheidener Weise in der Steinbaukunst auftritt. Die gesamte geschilderte Ausführung ist beim Grabmal in ganz flachem Relief wiedergegeben, wie es gerade für die Kunst der Germanen sowohl bei Arbeiten in Stein wie in Holz kennzeichnend ist. Wir lernten einen derartigen Flachschmuck schon bei den Pfeilern aus Theoderichs Gerichtshalle in der Darstellung der Erdkugel mit dem Kreuz darüber kennen[19]) und Haupt gibt unter vielen anderen schöne Beispiele hierfür aus der Kunst der Westgoten in Spanien und der Longobarden in Italien.[20])

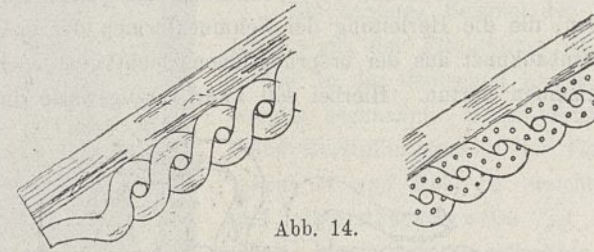
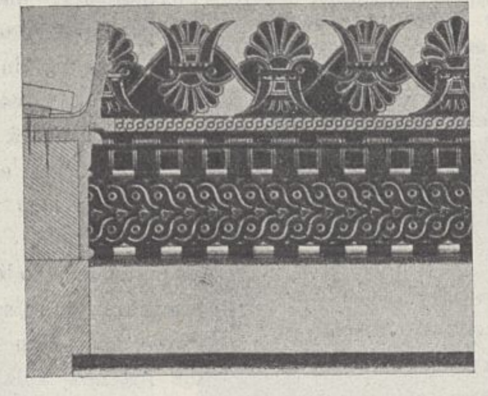


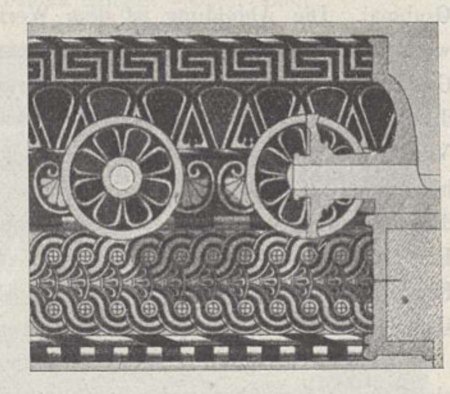
Abb. 14.
Schmuckformen nordischer Windbretter.

Von künstlerischem Standpunkt ist hier dies Flachwerk auch das einzig Richtige, denn es sollte an dieser Stelle keine Nachahmung eines geflochtenen Dachüberstandes gegeben werden, sondern dieser sollte nur die passenden Motive für die Ausschmückung der Fläche, bei einem steinernen Dachüberstande herleihen. Löcher, die neben den Ruten weit in die Tiefe des Steines hineingehen, sind daher ebenso richtig vermieden worden, wie ein weites Vorstehen der Köpfe der Dachstöcke vor der Fläche. Die Übertragung in ein ganz flaches Relief war also durchaus am Platze.

Es handelt sich bei diesem künstlerisch ausgezeichneten Hauptgesimse demnach nicht um ein Zangenornament mit der Schmuckform des sogenannten laufenden Hundes darunter, wie man bisher annahm, sondern die Formen sind der Flechtbaukunst entnommen[21]), und schon durch die Erläuterung



Terrakottagesims vom ältesten Burgtempel in Selinunt. (Anfang des 6. Jahrh.)



Terrakottagesims vom Schatzhause der Geloer in Olympia.

Abb. 15.

19) Jahrg. 1916 d. Z., S. 333 und 336.

20) z. B. die Portalpfeiler von S. Miguel de Lino und den Pemmo-Altar in Cividale, vgl. Haupt, Die älteste Kunst, insbesondere die Baukunst der Germanen. Leipzig 1909. Abb. 30 u. 10?. Beim Pemmoaltar tritt wieder ein offenbar aus Fasern hergestellt gedachter Perlstab an der Stelle einer ursprünglichen Fugendichtung auf. Haupt gibt ferner auf S. 87 aus der Karolingerzeit ein Kämpfergesims mit Fries aus Germigny-des-Prés. Der Fries besteht aus einem dreirutigen Flechtband derselben Linienführung wie beim Theoderichgrab, nur ist es in fortlaufendem Zuge ohne die aufgerollten freien Endigungen dargestellt. Eine derartige Linienführung von Flachbändern kommt überhaupt mehrfach vor.

21) Ähnliche Formen wie am Friese des Hauptgesimses werden sich auch überall da ergeben, wo ein Geflecht oder ein Gewebe

der wenigen hier erklärten Schmuckformen finden wir unsere obige Behauptung bestätigt, daß der König sich sein Grabmal unter Anlehnung an die Kunstformen der alten Holz- und Flechtbauweise hat erbauen lassen, wie sie bei seinem Volke von Urzeiten her in Anwendung war. Da die Flechtbaukunst in ihren Beziehungen zur späteren Holz- und Steinbaukunst jedoch bisher kaum irgendwo behandelt worden ist, so sei es gestattet an dieser Stelle eine Reihe von Beispielen einzuschieben, die die Herleitung der Schmuckformen der späteren Steinbaukunst aus der ursprünglichen Flechtkunst auch im allgemeinen dartun. Hierbei soll zwar vorzugsweise die

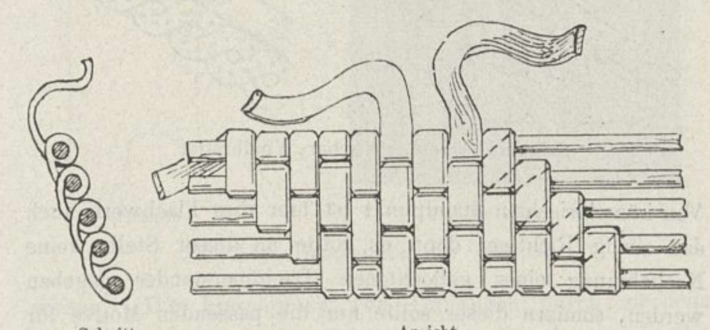


Abb. 16. Entwicklung eines geflochtenen Gurtsimses (Schachbrettfries).
(Die Strichelung gibt die Führung des Flechtstreifen auf der Rückseite an.)

mittelalterliche Kunst berücksichtigt werden, einige Beispiele seien jedoch auch aus anderen Kunstkreisen entnommen; und da es in Europa Flechthäuser kaum noch gibt, werden auch Beispiele einfacher Anlagen anderswoher heranzuziehen sein. Später werden wir auf das Grabmal Theoderichs zurückkommen, um noch weitere Bauformen und die Gesamtanlage auf die ursprüngliche Holz- und Flechtbaukunst zurückzuführen.

Über Flechtbaukunst im allgemeinen.

Im Anschluß an die geschilderten, der Flechtkunst entnommenen Schmuckformen vom Hauptgesimse des Theoderichgrabmals seien hier (Abb. 14) zunächst die Bilder von Zierformen gegeben, wie sie sich an den Windbrettern (vindski) der Giebel noch heute erhaltener einfacher nordischer Bauernhäuser vielfach vorfinden, also an ähnlicher Stelle wie am Grabmal. Die Abbildung ist dem Werke Kunst und Handwerk aus Norwegens Vorzeit entnommen.[22]) Sahen wir am Grabmal zwei Reihen von übereinandergelegenen Dachstöcken durch eine Flechtung miteinander verknüpft, so ist hier die Verflechtung nur einer Reihe als Vorbild zum Schmucke des hölzernen Windbrettes gewählt, über das die eigentliche Dachdeckung von Rohr, Stroh oder ähnlichen Stoffen emporragt. Bei beiden Ausführungen ergibt sich ein Flechtband in der Form des sogenannten laufenden Hundes (in form af den saakaldte lobende hund), wie Nicolaysen zutreffend bemerkt.

Um die Verflechtung zweier Dachstockreihen übereinander als Schmuckform bei anderen Hauptgesimsen nachzuweisen,

zum Schmuckmotiv gewählt ist (z. B. bei altgermanischen Spangen oder Fibeln), und wo die Kante oder Egge des Gewebes dargestellt ist. Die an der Egge zurückführenden Fäden des Geflechts bilden vor allem dann ganz ähnliche Schleifen, wie am Grabmal, wenn man sie sich bei der Umkehr über irgendwelche Stifte oder Pflöcke gelegt denkt.

22) Nicolaysen, Kunst og haandverk fra Norges fortid. Kristiania 1881—91.

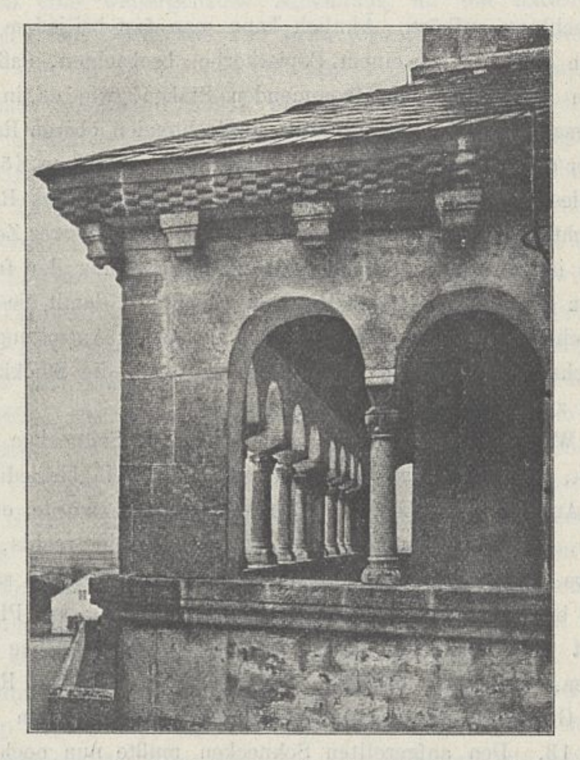


Abb. 17. Schachbrettgesims der Galerie um die Oberkirche in Schwarzrheindorf.

muß in andere Länder und Zeiten zurückgegriffen werden, wo sich auch eine Steinbaukunst aus einer ursprünglichen Holz- und Flechtbaukunst entwickelt hat, nach Sizilien und Griechenland (Abb. 15). Die Terrakottaverzierung vom Hauptgesimse des ältesten Burgtempels in Selimunt, dem Anfange des 6. Jahrhunderts v. Chr. entstammend, zeigt an derselben Stelle wie am Theoderichgrabmal als Hauptmotiv ein kräftiges Flechtband, durch das zwei Reihen diesmal nicht versetzt, sondern gerade übereinandergelegener Dachstockköpfe mit einander verschnürt sind. Die Schmuckform ist hier der Ausführung in Terrakottamalerei entsprechend ganz in die Fläche übertragen. Dasselbe ist beim Hauptgesimse vom Schatzhause der Geloer in Olympia der Fall, das wohl nicht viel jünger als das sizilische Hauptgesims ist. Bei letzterem zeigen sich auch auf kleineren Gesimsteilen noch schmückende Flechtmuster, und die obere freie Endigung, in der ein schönes straff gezeichnetes Band von verflochtenen Kelchen und Palmetten in die freie Luft aufragt, ist gleichfalls der Flechtkunst entnommen. Ähnliche frei aufragende Flechtgebilde in Stuck finden sich im Innern des dem 8. Jahrhundert n. Chr. entstammenden, longobardischen Oratoriums der Peltrudis in Cividale wieder, von dem Haupt[23]) eine Abbildung gibt. Die frei aufragenden Formen der Bogenumrahmung daselbst ähneln in sonderbarer Weise den hufeisenähnlichen Umschlingungen der Palmettenformen auf der Platte über dem Flechtband aus Olympia. Überall schufen die frischen Völker beim Eintritt in eine neue, die Steinbaukunst erfordernde Gesittung, die für sie erforderlichen Werke in Stein in ganz ähnlicher Weise, wie sie bis dahin in Holz- oder in Flechtwerk gearbeitet hatten. Sie kümmerten sich in ihrer Jugend und Schaffenskraft wenig darum, wie andere Völker früher die für sie notwendigen ganz anders gearteten Werke, seien es Tempel oder Paläste, in Stein

23) a. a. O. Abb. 104. Das Oratorium heißt jetzt Sta. Maria in Valle.



Abb. 18. Königssaal des Westgotenkönigs Ranimir oder Ramiro (842—850), jetzt Sta. Maria de Naranco.

(Abb. 18 bis 20 nach Haupt, Die älteste Kunst, insbesondere die Baukunst der Germanen.)

gebildet hatten. Der Vorkämpfer neuer Ansichten auf dem Gebiete der Bau- und Kunstgeschichte, A. Haupt, weist darauf hin[24]), wie alle germanisehen Völker, in den Süden als neue Herren eingedrungen, noch immer nach Ausweis ihrer Gesetze in Holzhäusern lebten, wenn ihre Paläste und Kirchen auch in der Regel schon Steinbauten waren.[25])

Ein ferneres Beispiel der Herleitung aus der Flechtkunst ist der so viel in der deutschen Kunst verwandte sogenannte Schachbrettfries. Seine Herstellungsart in der Flechtkunst ist aus Abb. 16 ersichtlich, und überraschenderweise ist das Gesetz, nach dem er geflochten ist, ganz ähnlich demjenigen vom Flechtzopf an der oberen Grabmaltür, wobei aber schließlich doch etwas ganz anderes herauskommt. Die Ruten der Kette liegen hier wieder wagerecht. In sie ist ein Einschlag in senkrechter Richtung von unten hereingeflochten, der aber nicht aus einem Strang, sondern aus aufgetrennten Rutenstreifen von gleichmäßiger Breite, in der Flechtkunst Schienen genannt, besteht. Die aus dem Hintergrund hervorkommende Einschlagschiene geht vorne immer über zwei Ruten der Kette nach oben und ist dann schräg nach unten und links um die obere dieser beiden Ruten ganz herumgeführt, um sich dann vorne wieder über zwei weitere Ruten zu legen. Auf diese Weise bildet sich das in der mittelalterlichen Kunst so beliebte Schachbrettmuster. Es stellt eine sehr kräftige und dichte Verflechtung dar. Beim Durchziehen der Schienen durch die engen Zwischenräume der Ruten

24) Grabmal Theoderichs S. 17.

25) Ein altes friesisches Gesetzbuch, der Brokmerbrief, schreibt noch im 13. Jahrhundert vor, daß außer Kirchen keine Steinhäuser im Lande ausgeführt werden dürfen, obgleich das Ziegelbrennen damals mindestens seit 100 Jahren daselbst bekannt war.

Abb. 19. Steinkonsole aus Sta. Maria de Naranco.

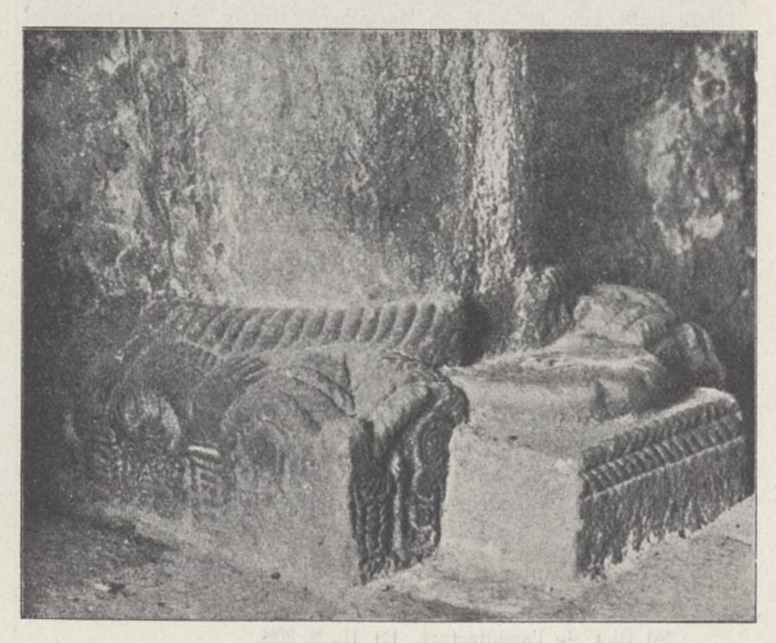


Abb. 20. Säulensockel aus S. Miguel de Lino.

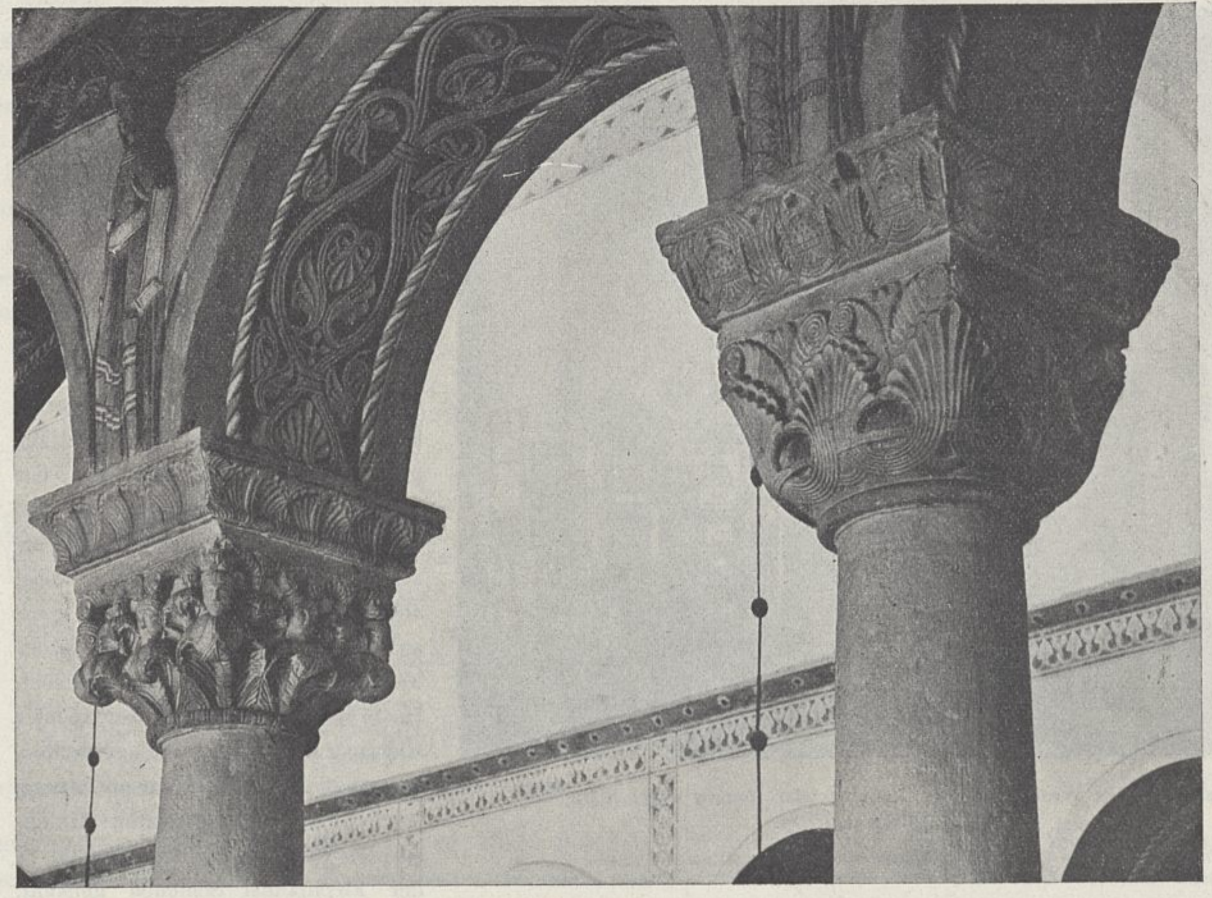


Abb. 21. Scheidebogen mit Säulen aus der Michaelskirche in Hildesheim.

Beispiel aus Schwarzrheindorf (Abb. 17) zeigt dagegen die sehr mühselige, aber getreue Wiedergabe nach der wirklichen Flechtarbeit.

Ein weiteres Beispiel der ursprünglichen Flechtbaukunst bildet der Sockel einer Steinsäule aus der westgotischen Kirche San Miguel de Lino in Spanien. (Abb. 20 nach Haupt.) Hier ist offenbar eine Verknüpfung der einzelnen Hölzer mittels Bastseilen zum Vorbild genommen. Solche Bastseile kennen wir höchstens noch zur Verbindung der Stämme eines Flosses. Beim Sokkel sind aus den Bastseilen zum Schmuck kleine Arkaden gebildet, auf denen die Evangelisten in sehr flachem Bildwerk unvollkommen angedeutet sind. Es zeigt sich also wiederum die beim Grabmal schon erwähnte Vorliebe der Germanen für ganz flache, gewissermaßen in ein Brett eingeritzte oder eingeschnittene Darstellungen. Unmittelbar neben dieser Kirche San Miguel liegt die Kirche Sta. Maria de Naranco. Sie ist, wie Haupt nachweist, ursprünglich die Königshalle des Westgotenkönigs Ranimir (842—850) gewesen, der im Spanischen Ramiro heißt.[27]) Die Gesamtanordnung des Raumes (Abb. 18) läßt noch deutlich ebenso wie die geflochtenen Bündelsäulen die Herleitung aus einem tonnen- oder laubenförmig überdeckten Saale mit geflochtenen Trage- oder Gurtbögen erkennen.[28]) Im einzelnen zeigen dies auch die Formen der Steinkonsolen (Abb. 19). Flechtkränze, wie sie hier dargestellt sind, bilden vielfach noch eine Schmuckform im deutschen Holzbau des 17. Jahrhunderts, z. B. bei Fachwerkhäusern in der Umgegend von Koblenz, in Vallendar, Spay und Rhens.

Die Herleitung von Schmuckformen gemauerter Steinbögen aus der Flechtkunst zeigt sich an der Unterseite der

oder sogenannten Staken muß man sich wohl einer Eisennadel bedient haben, in die die Schiene eingeklemmt wird, wie man in ähnlicher Weise beim Strohdach die Bindeweiden noch heute in eine fast kreisrund gebogene Eisennadel einspannt. Die geschilderte Flechtart wird daher in Norddeutschland als Nähwerk (niederdeutsch Naihwark) bezeichnet, und ein Deckelkorb in dieser haltbaren Flechtart gehört noch heute zur Brautausstattung jeder Bauerntochter in der Lüneburger Heide. Das Schachbrettmuster kommt in der späteren deutschen Kunst, die man nun einmal irrtümlicherweise die romanische genannt hat, zuweilen an Säulenknäufen vor, aber auch vielfach an Gurtsimsen. Im Rheinlande trifft man es z. B. in Marialaach, Sinzig, Schwarzrheindorf als Wulstgesims unter der Dachtraufe an. Es schnürt an dieser Stelle, jetzt nur fürs Auge, früher aber gewiß in Wirklichkeit, die Bauten kräftig zusammen, ähnlich der Dachstockflechtung am Theoderichgrabmal. Wie Abb. 16 nachweist sind bei der fertigen Flechtung die Ruten der Kette ganz verdeckt. Man sieht nur die Schienen des Einschlages, der auch Einschuß oder Zettel, französisch billet, genannt wird. Daher wird es kommen, daß diese Schmuckform im Französischen billettes heißt. Die geflochtene Fläche mit dem Meißel in Stein ganz genau nachzubilden ist sehr mühsam, da man, wie Abb. 16 zeigt, keinerlei wagerecht durchlaufende Furchen hat und daher jede schmale senkrechte Bahn für sich arbeiten muß. Es gibt daher verschiedene vereinfachende Gliederungen, die leichter zu arbeiten sind und doch ähnlich wirken. Solche Vereinfachungen sind bei Viollet-le-Duc unter dem Worte Billettes gegeben.[26]) Das

26) Dict. de l'architecture, Bd. II, S. 208.

27) Die Namensendigung auf mir muß bei den Goten sehr beliebt gewesen sein. Theoderichs Vater und seine beiden Brüder hießen Theodemir, Valamir, Widemir.

28) Wir sprechen heute noch von Gurtsimsen und Gurtbögen. Beide Bezeichnungen werden mit dem Worte „Gerte", aus denen sie ursprünglich hergestellt wurden, in sprachlichem Zusammenhang stehen, ferner aber auch das Wort Garten, der mit Gerten eingezäunt wurde. Garten bedeutet in frühen germanischen Sprachen irgend einen umhegten Bezirk, z. B. eine Burg, Dorf, Stadt. Himminamgarda heißt bei Wulfila die Himmelsburg oder das Himmelreich, Middelgard in der Edda der ganze Bezirk der Erde. Meringer (a. a. O. S. 180) macht schon auf denselben Wortstamm aufmerksam in got. gards, Gerte, gürten, χόρτος (Gehege), hortus, Garten.

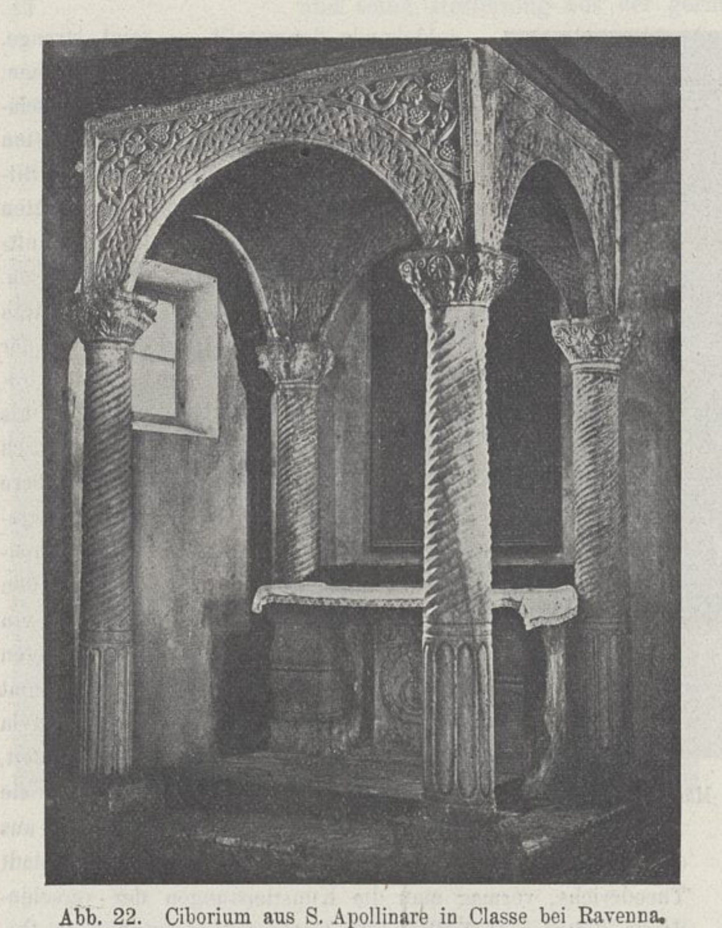


Abb. 22. Ciborium aus S. Apollinare in Classe bei Ravenna.

Scheidebögen der Michaeliskirche in Hildesheim besonders überzeugend (Abb. 21). — Ferner liefert hierfür ein gutes Beispiel ein alter Altarüberbau (Ciborium), der jetzt in einem Winkel der Kirche Sant' Apollinare in Classe bei Ravenna aufgestellt ist (Abb. 22). Er ist nach seiner Inschrift das Werk eines Presbyters Petrus aus der Zeit des Erzbischofs Valerius (794—809). Das Flechtmuster auf den bohlenartig schmalen Bogen ist einem natürlichen Geflecht genau nachgeahmt, ebenso hat bei den Ranken, Trauben und Blättern der Weinreben in den Zwickeln darüber der Künstler sich nicht natürliche Bildungen, sondern aus Ruten geflochtene Nachbildungen der Natur als Muster gewählt, wie beim Geländerpfosten vom Grabmal Theoderichs. Die Säulen sind aus dickeren Ruten oder Stöcken zusammengedreht, wie man dies heute noch im kleinen bei Beinen von Korbsesseln und Tischen oder auch bei Peitschenstielen findet. Diese Ruten treten im Kapitell wieder zutage und laufen dort in Blätter, Blüten, Schnecken und Rosetten aus, die unter zu ängstlicher Nachahmung der Korbmacherarbeit hier noch recht ungeschickt und steif ausgebildet sind. Solche ungeschickte und ängstliche Nachbildungen sind gerade für unsern Zweck die lehrreichsten und daher hier mit Vorliebe ausgesucht worden. Bei höherem Können machen sich die Künstler von allzu ängstlicher Nachahmung ihrer korbgeflochtenen Vorbilder frei und wenden sich wieder den Schöpfungen der Natur zu, die ihrerseits den Formen der Korbmacherarbeit ursprünglich als Vorbild gedient hatten. Die schönsten und dem Werkstoff des Steines vielfach schon ganz angemessenen Lösungen finden sich auf der Mitte des Weges, wenn einerseits noch die Korbmacherarbeit die straffe Linienführung in schönem Schwunge gibt, und anderseits noch nicht versucht

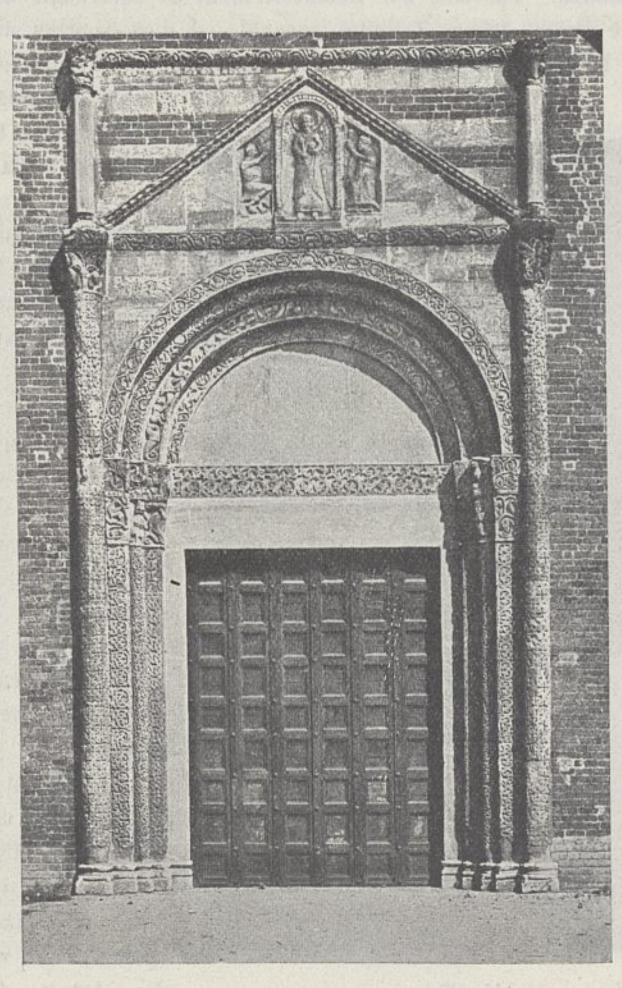


Abb. 23. Portal von San Pietro in Ciel d'oro in Pavia.

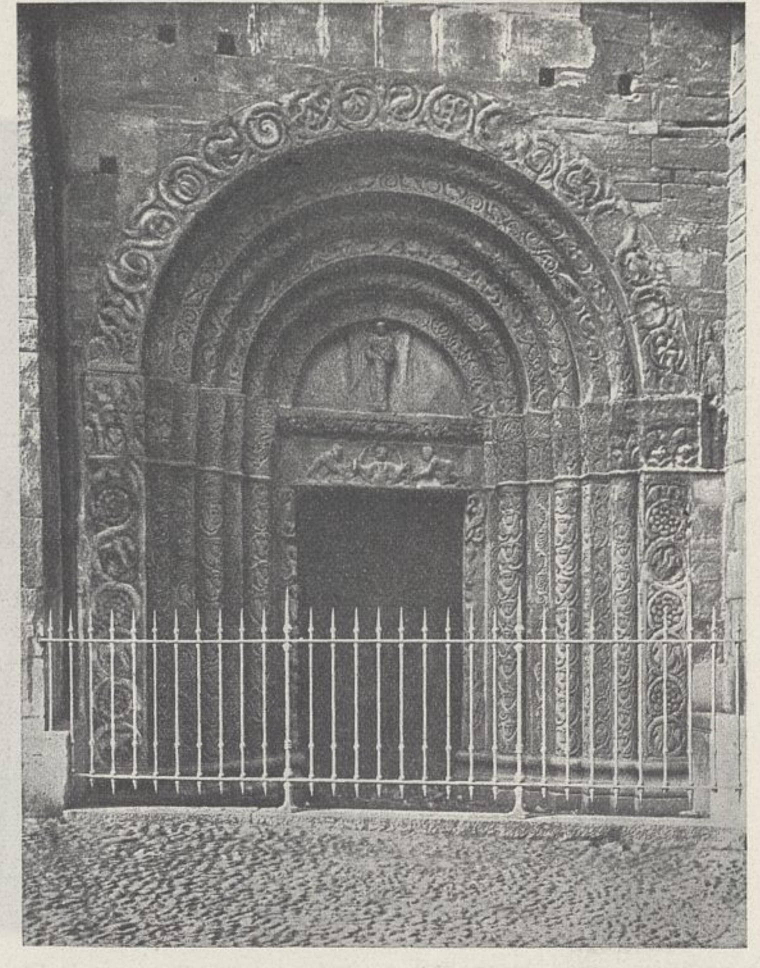


Abb. 24. Portal von San Michele in Pavia.

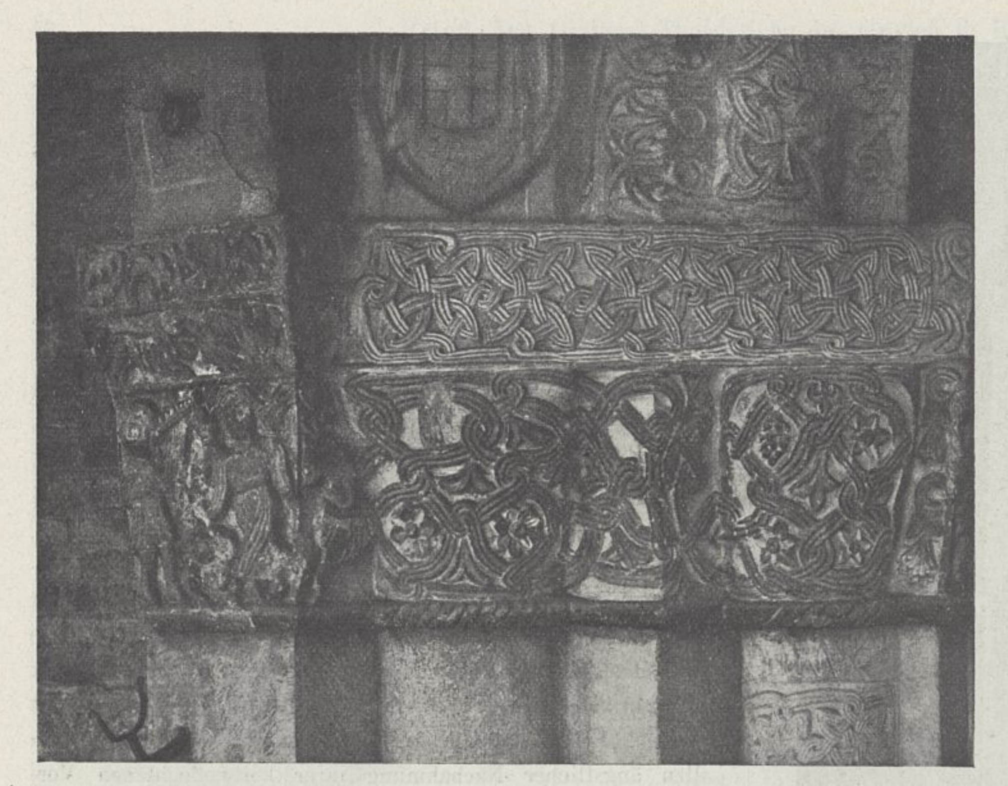


Abb. 25. Kapitell aus der Vorhalle von Sant' Ambrogio in Mailand.

worden ist, gar zu natürlich in Stein die Gebilde der Natur nachzuahmen. Ein schönes Beispiel hierfür ist das Kapitell aus Hildesheim rechts auf Abb. 21.

Zwei weitere lehrreiche Beispiele für die Anlehnung an die Flechtbaukunst liefern die beiden Kirchenportale aus Pavia (Abb. 23 und 24). Dasjenige der Kirche St. Peter zum goldenen Himmel — St. Peter ist in der Apsis der Kirche in der Verklärung, also im Himmel, und zwar auf einem Mosaikgoldgrunde dargestellt — zeigt strenge, fast geometrisch regelmäßige Flechtformen, während bei dem Portal der Michaelskirche die Ruten an den Säulenschäften und Knäufen mehr zu pflanzlichen Bildungen, Blättern, Ranken und Palmetten auswachsen, ohne jedoch ihre Herkunft aus der Flechtkunst ganz zu verleugnen. Die Umflechtung der Portalsäulchen durch ein besonderes Flechtband oberhalb der Knäufe findet sich in der späteren romanischen Kunst vielfach und wird als Kämpferband, Pfühlstein oder ähnlich bezeichnet. Meistens stellt dann die obere Bindung eine besonders kräftige wagerechte Umschnürung und Zusammenfassung des Ganzen dar, während bei den darunter gelegenen Knäufen mehr ein leichtes Emporwachsen und freies Endigen ausgedrückt ist. Das Umgekehrte kommt jedoch gleichfalls vor. Die Portale aus Pavia entstammen vielleicht der Longobardenzeit, dem 7. Jahrhundert, vielleicht stellen sie aber auch wiederverwendete Reste aus der Gotenzeit dar. In Ravenna, der eigentlichen Hauptstadt Theoderichs, vermag man die Kunstleistungen der verschiedenen Zeiten und Völker, der Goten und der ihnen an Gesittung nicht entfernt gleichen Longobarden, nach ihrem künstlerischen Werte im allgemeinen sehr wohl auseinanderzuhalten. Für eine zur Gotenzeit nicht so bevorzugte Stadt wie Pavia, früher Ticinum genannt, ist dies dagegen nicht so leicht, auch für unseren Zweck nicht von Wichtigkeit.



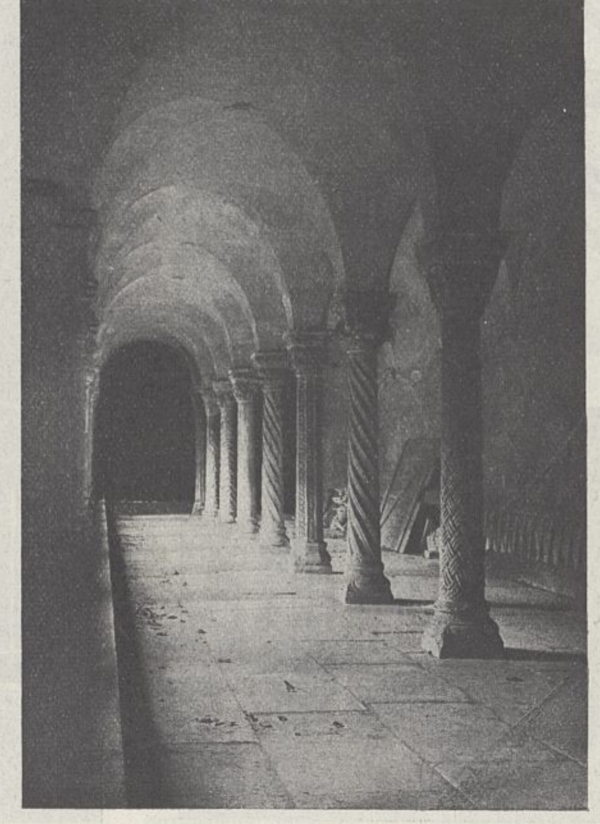


Abb. 26. Säulen aus dem Kreuzgang in Königslutter. Abb. 27.

Als ein Gegenstück zu den Portalen aus Pavia sei hier von französischem Boden noch das Portal der Kirche Saint-Lazare in Avallon genannt. Es ähnelt in der feinen Durcharbeitung sehr demjenigen von S. Michele, nur ist alles reifer, da es mindestens 400 Jahre später entstanden ist. Der Grund hinter den Schmuckformen ist überall tief heraus gehoben, so daß man sich fast an Filigranarbeit erinnert fühlt. Mögen Anklänge an diese hier und da hineinspielen, so wird die Arbeit doch

wesentlich als durch Korbflechterei beeinflußt anzusehen sein. Die mit Drähten arbeitende Filigrankunst weist naturgemäß mancherlei Ähnlichkeit auf mit der Korbflechterei, die Ruten verwendet. Avallon liegt zwar noch am Rande der Bourgogne, trotzdem wird diese feine und zierliche Kunst nicht



Abb. 28. Kapitell aus dem Kreuzgang der Liebfrauenkirche in Magdeburg.

als burgundisch zu bezeichnen sein, da die burgundische Kunst andere Merkmale aufweist.

Sehr deutlich zeigt sich ferner die Herleitung aus der Flechtbaukunst bei den Kapitellen der Vorhalle von S. Ambrogio in Mailand (Abb. 25). Die Neuzusammensetzung alter Stücke wird hier unter anderem dadurch bewiesen, daß der Name des ausführenden Meisters Adam — Adam magester — bei dem ganz rechts gelegenen Säulenschaft auf dem Kopfe steht. Wer die Herleitung derartiger Schmuckformen aus der Flechtbaukunst nicht kennt, der wundert sich wohl wie Stückelberg in seiner Longobardischen Plastik (Zürich 1896), wie man nur Bauwerke mit solchen Flechtwerk habe überziehen können, das an und für sich doch keine Haltbarkeit besessen, sondern sich sofort zu einem formlosen Strick zu-

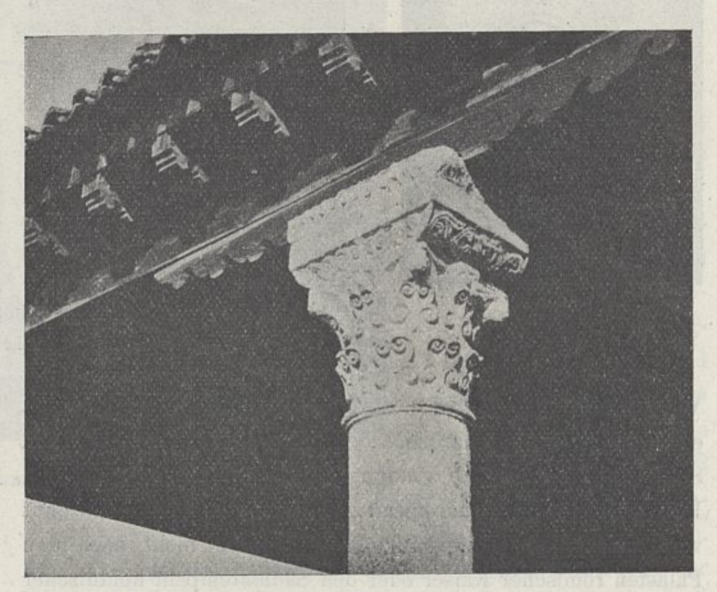


Abb. 29. Kapitell aus der Vorhalle des Domes von Torcello.

sammengezogen haben würde, wenn man es an beiden Enden anfaßte und auseinanderzöge. Dies würde für Schmuckformen die aus Schnüren oder Bindfaden geflochten sind, allerdings passen, jeder in Korbmacherarbeit geflochtene Stuhl gibt aber Kunde davon, daß solch Rutengeflecht sich sehr wohl hält. Ebenso ist Semper in seinem „Stil" auf falschem Wege, wenn er sich wundert, wie nur eine äußere Bekleidung bei so vielen Werken der Steinbaukunst die Leitform für den Schmuck habe abgeben können, während die Wesensart und die Bestimmung des betreffenden Bauteiles eigentlich doch eine ganz andere Ausbildung verlangt hätten. Der steinerne Bauteil, sei es Wand, Säule oder sonst etwas, ist aber, wie wir nachgewiesen haben, in vielen Fällen der ursprünglichen Flechtbaukunst nachgebildet worden, und daher entspricht die jetzige äußere Schmuckform durchaus der Wesensart des ursprünglichen Vorbildes. Formen, die für den neuen Werkstoff durchaus nicht paßten, sind dabei teils von anfang an nicht angewendet, teils sind sie im Laufe der Zeit abgestreift worden, und so entwickelt sich schließlich überall unwillkürlich eine gesunde und werkstoffgemäße Tektonik der Baukunst. Bei einem neuen schaffensfrohen und sich seines





Abb. 30. Säulchen aus dem Domkreuzgang in Magdeburg.
(Die Säulchen stehen auch in Wirklichkeit schief.)






Abb. 31. Kapitelle aus dem Chor der Kirche in Morienval (Oise).
(Nach Baum, Romanische Baukunst in Frankreich.)

Wertes bewußten Volke, wie es die Germanen waren, ist es doch auch nur natürlich, wenn es, sobald es anfing in Stein zu bauen, diese Bauten im Anschluß an die eigenen Holz- und Flechtbauten formt, an die es von jeher gewöhnt war, und seine Königshallen und Kirchen nicht nach den Palästen römischer Kaiser oder den Säulentempeln heidnischer Götter aufführt, sondern sie allmählich aus sich selbst und der eigenen altgewohnten Bauart heraus bildet. Eins mußten



Abb. 32. Kapitelle aus Ravenna, in S. Apollinare nuovo aufgestellt.

sie hierfür von den früheren Kulturvölkern allerdings lernen, aber es ist nur etwas Unwesentlicheres, das Handwerk des Maurers. Das für die Kunst Wesentlichere, das Formenwesen, entwickelten sie dagegen selbst.

Den Tektonen des vorigen Jahrhunderts sind von jeher Säulen mit schraubenförmig gedrehten oder geflechtartig umkleideten Schäften Steine des heftigsten Anstoßes gewesen. Sie sprechen ihre Verwunderung darüber aus, wie man nur in so vielen Kunstweisen immer wieder auf so unnatürliche Bildungen verfallen könne. Daß solche Bildungen aber durchaus natürlich sind und durch die Entwicklung des Steinbaues aus alten bodenständigen Holz- oder Flechtbauweisen ihre Rechtfertigung finden, mögen die beiden Bilder der Säulenschäfte aus dem Kreuzgange der herrlichen Grabeskirche König Lothars in Königslutter (Abb. 26 und 27) beweisen. Die einzeln gegebene Säule zeigt am deutlichsten die Herkunft aus der Flechtbaukunst. Man muß sich ein inneres Bündel von Ruten, Stöcken oder Stangen durch dieses kräftige Rutengeflecht umschnürt vorstellen.



Abb. 33. Kapitelle von der Pfalz Barbarossas in Gelnhausen.



Abb. 34. Kapitell aus Kloster Konradsburg.





Abb. 35. Kapitelle aus der Unterkirche von S. Clemente in Rom.



Abb. 36. Kapitelle aus der Schloßkirche in Quedlinburg.

Die wichtige Schmuckform der Säulenkapitelle kann man sich vielfach dadurch entwickelt denken, daß die äußeren der umschnürten Ruten oder Stangen über dem Halsring des Kapitells frei endigen und dort zu Blättern, Blumen, Palmetten, Schnecken, Köpfen, Tierleibern oder sonstigem Schmuckwerk auswachsen. Dieser Art dürften die Kapitelle aus Königslutter größtenteils angehören, ebenso das Beispiel aus dem Kreuzgang des Liebfrauenklosters in Magdeburg (Abb. 28) und aus der Vorhalle des Domes von Torcello (Abb. 29). Auch wird das griechische, korinthische Kapitell auf diesen Grundgedanken zurückzuführen sein. Bei einer anderen Kapitellart wachsen dagegen die Ruten der Säulenumflechtung zu irgendwelchen pflanzlichen oder tierischen Gebilden aus. Für diese Art, die wohl seltener vorkommt, bieten die Kapitelle der reich umflochtenen Säulchen aus dem Domkreuzgang in Magdeburg (Abb. 30) Beispiele. Bei einer dritten Art ist das Kapitell für sich durch eine kräftige Umschnürung des Säulenkopfes mit Ruten oder Flechtbändern entstanden gedacht. Dann ist zuweilen das Flechtband streng nachgeahmt, wie beim oben gegebenen Beispiel aus Sant' Ambrogio in Mailand; zuweilen drängen sich aber auch natürliche Blatt- und Rankenformen ein, wie bei den Beispielen aus Pavia, oder die Rutenbänder schwingen sich durcheinander und lösen sich in Palmetten und Sonstiges auf, wie das schöne Beispiel der sächsisch-thüringischen Kunst aus Kloster Konradsburg (Abb. 34) dartut.[29])

Die normannische Kunst gibt sich im allgemeinen weniger mit der Flechtkunst ab und schneidet häufig zur Bildung der Kapitelle nur die einzelnen zusammengebundenen Stangen mit schrägem Schnitt einfach ab. Hierdurch ergeben sich viel nüchternere, aber doch nicht wirkungslose Kapitellformen. Alle diese verschiedenen Arten und noch andere kommen natürlich nebeneinander und durcheinander vor. Es würden sich viele Hunderte von Beispielen



Abb. 37. Kapitelle aus der Schloßkirche in Quedlinburg.
(Nach Kutschmann, Romanische Baukunst und Ornamentik in Deutschland.)

29) Das Beispiel ist dem Werk von Th. Kutschmann, Romanische Baukunst und Ornamentik in Deutschland, entnommen, welches noch eine ganze Reihe sehr schöner gedrehter Säulenschäfte ähnlich denen in Königslutter aus den Klosterkirchen in Drübeck, Ilseburg, Konradsburg usw. bringt.

der Herleitung der Formen aus der Flechtkunst geben lassen, da unendlich viele Kapitelle des sogenannten romanischen und byzantinischen Stiles ihre Herkunft daraus nicht verleugnen. Zwischen die Flechtranken kann dann alles mögliche an Schnörkeln, Blumen, Köpfen und Leibern von Tieren oder Menschen eingefügt sein.

Für die sogenannte byzantinische Kunst, die nach früheren Ausführungen des Verfassers nicht nur einen ostgermanischen Einschlag zeigt, sondern geradezu auf das ungeheure, flutweise Einströmen der Ostgermanen in das große byzantinische Reich mindestens von Konstantins Zeiten an zurückzuführen ist[30]), seien hier als Beispiele noch zwei Kapitelle gegeben (Abb. 32). Sie werden jetzt in S. Apollinare nuovo in Ravenna aufbewahrt und stammen wohl von irgendeinem Bau Theoderichs. An ihnen zeigt sich eine sehr glatte und platte Behandlung der zum Vorbild gewählten Flechtarbeit, die offenbar viel mit dünngeschnittenen Holzspänen und Holzreifen nach Art von Faßreifen arbeitete. Aus Rom sind ferner zwei byzantinische Kapitelle anzuführen (Abb. 35), bei denen besonders deutlich die Herleitung aus der Flechtkunst zu ersehen ist. Sie stammen von der im 4. Jahrhundert schon vorhandenen, später vielfach umgebauten Unterkirche von S. Clemente. Bei den Umbauten wurden mancherlei anderswoher entnommene Bauteile verwendet, und diese beiden Kapitelle, die geradezu Wunder der Meißelarbeit von äußerst zierlicher Erfindung und Gestaltung sind, entstammen auch wohl irgendwelchen Bauten Theoderichs in Rom, seiner zweiten Hauptstadt, in welcher er viel baute. Die großartigen Werke daselbst sind aber der Allgemeinheit noch unbekannt und müssen noch nachgewiesen werden. Ähnlich zierliche Bildungen wie hier finden sich, von Theoderichs Bauten stammend, in großer Anzahl an der Südseite der Markuskirche in Venedig vor, sind aber dort meistens derartig beschädigt, daß sich das Geflecht kaum noch erkennen läßt. Bei diesen korbartigen Bildungen fällt einem unwillkürlich ein, daß nach alten Erzählungen derjenige griechische Bildhauer, der das korinthische Kapitell erfunden haben soll, zu dieser Erfindung durch einen Korb angeregt worden sein soll, der auf einem Grabe stehend von ringsum aufwachsenden Akanthusblättern zufällig umrankt war. Die Nachbildung des Korbes ist aber, wie wir sahen, ganz anderswoher abzuleiten. Ein Körnchen von Wahrheit enthält die alte Erzählung immerhin. Weiter sei hier noch auf die schon bei früherer Gelegenheit gegebenen einschlägigen Beispiele von den Bauten Theoderichs hingewiesen, auf die Kapitelle aus dem Untergeschoß von S. Vitale in Ravenna und aus der Vorhalle der Markuskirche in Venedig (Jahrg. 1911 d. Z., Abb. 1 u. 4 Bl. 6), sowie auf die Pfeiler auf der Piazzetta in Venedig (Jahrg. 1916 d. Z., Bl. 41).

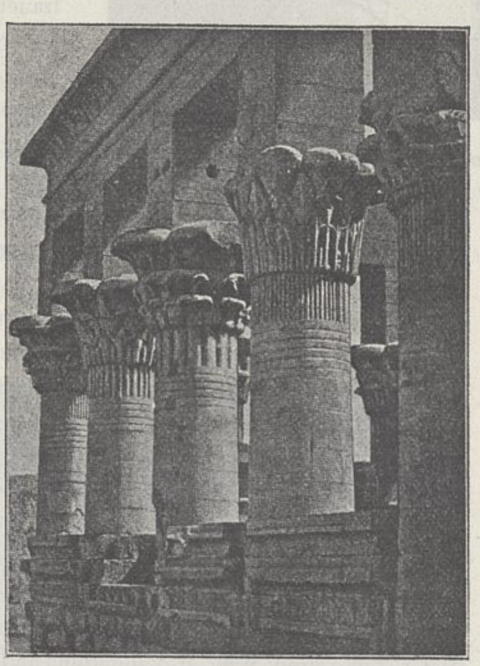


Abb. 38. Ägyptische auf Flechtbaukunst zurückzuführende Säulen aus Philae (nach Oppel).

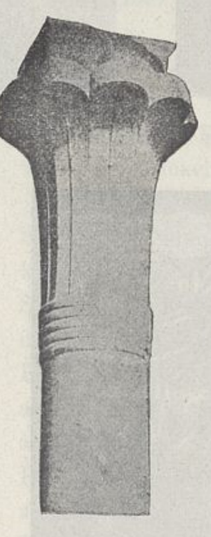


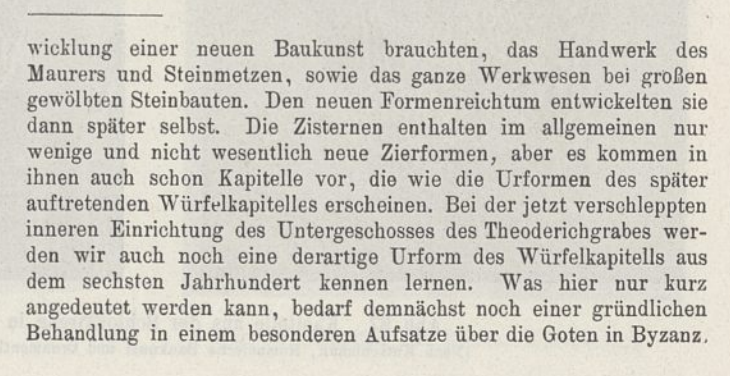
Abb. 39. Ägyptische Palmensäule von der Grabkapelle des Königs Osmos (Dyn. V) (nach Spielberg).

Das Kapitell am Theoderichs-Palast (Jahrg. 1911 d. Z., Abb. 5 Bl. 6) zeigt Schnecken, die zwar etwas an griechische, ionische Kapitelle erinnern, die aber, wenn sie auch etwa 1000 Jahre jünger sind als jene, die Herleitung aus dem gemeinschaftlichen Urgrunde der Flechtbaukunst, doch noch fast deutlicher ersehen lassen, als die früheren griechischen Arbeiten.

Zuweilen zeigt sich auch eine Umflechtung des Knaufes mit regelmäßigen, netzförmigen Maschen, so an den Säulen neben der Tribuna von S. Vitale in Ravenna (Jahrg. 1914 d. Z., S. 290 Abb. 17 u. 18) und in dem alten Westgotenlande nördlich der Pyrenäen, dem Bistum Comminges (vgl. den Aufsatz von F. Block, Jahrg. 1916 d. Z., Abb. 17, 34, 38).

Für die Säulenknäufe mit strengerer Rutenumflechtung seien hier noch vier Beispiele der fränkischen Kunst aus der Kirche in Morienval in der Ile de France gegeben (Abb. 31).

30) Vgl. Denkmalpflege 1915, S. 49. Über S. Vitale und die Kunst der Ostgermanen. Als Konstantin (306 — 337) die neue Kaiserstadt am Bosporus gründete, ward ihm nach dem gotischen Geschichtschreiber Jornandes (cap. 21) die Beihilfe der Goten hierbei zuteil, und er nahm von ihnen vierzigtausend Krieger in sein Heer auf. Die Mauern der nach ihm genannten Kaiserstadt (nicht die jetzigen, die ein weiteres Gelände umschließen) ließ er vom Jahre 326 an durch gotische Soldtruppen ausführen. (Vgl. v. Cohausen-Jähns, Die Befestigungsweisen der Vorzeit und des Mittelalters, Wiesbaden 1898, S. 131.) Bevor sich aber das neue Konstantinopel erheben konnte, war es nötig, für die auf felsigem wasserlosen Gelände zu errichtende Stadt das nötige Wasser durch den Bau der großartigsten Aquadukt- und Zisternenanlagen zu beschaffen. Daher wurde in den nächsten Jahrhunderten an diesen gearbeitet, und unter dem jetzigen oberirdischen Konstantinopel liegt noch eine zweite jetzt zum Teil verfallene unterirdische Stadt von gewaltigen Wasserbehältern. Die sog. Zisterne der 1001 Säulen (Binbirdirek) ist z. B. dreigeschossig unter der Erde errichtet und besteht aus 15 hoch gewölbten Schiffen nebeneinander, die durch je 17 böhmische Kappen auf dreifach übereinander gesetzten Säulen überwölbt sind (vgl. v. Forchheimer und Strzyogowski, Die byzantinischen Wasserbehälter Konstantinopels, Wien 1893). Sie wird an Kühnheit des Werkwesens der Hagia Sofia an die Seite gestellt. An den Stadtmauern und beim Bau der Zisternen mochten die Goten daher noch dasjenige lernen, was sie zur Ent-



wicklung einer neuen Baukunst brauchten, das Handwerk des Maurers und Steinmetzen, sowie das ganze Werkwesen bei großen gewölbten Steinbauten. Den neuen Formenreichtum entwickelten sie dann später selbst. Die Zisternen enthalten im allgemeinen nur wenige und nicht wesentlich neue Zierformen, aber es kommen in ihnen auch schon Kapitelle vor, die wie die Urformen des später auftretenden Würfelkapitelles erscheinen. Bei der jetzt verschleppten inneren Einrichtung des Untergeschosses des Theoderichgrabes werden wir auch noch eine derartige Urform des Würfelkapitells aus dem sechsten Jahrhundert kennen lernen. Was hier nur kurz angedeutet werden kann, bedarf demnächst noch einer gründlichen Behandlung in einem besonderen Aufsatze über die Goten in Byzanz.

Viollet-le-Duc vertritt die Ansicht, daß in dieser Kirche die Kunstformen der alten Gallier wieder auflebten, nachdem diese Formen, zur Zeit der Römerherrschaft in Gallien zurückgedrängt, 11 Jahrhunderte lang verborgen geschlummert hätten.[31]) Er weiß nicht oder will nicht wissen, daß der germanische Stamm der Franken, von den unteren Rheingegenden ausgehend, einstmals sich das jetzige Frankreich unterworfen und ihm sowie der Ile de France den Namen und auch die germanischen Kunstformen gegeben hat. Die fränkische Herrschaft und die fränkischen Kunstschulen reichen den Rhein und seine Nebenflüsse weit hinauf bis hinein in das heutige Frankenland am Main und im Königreiche Bayern. Die Abb. 33 gibt zwei auch wohl den fränkischen Schulen zuzusprechende Kapitelle aus der Pfalz Barbarossas in Gelnhausen aus dem 12. Jahrhundert, die eine weitere schöne Verarbeitung ganz ähnlicher Flechtmotive darstellen, wie sie sich in Morienval noch ganz nüchtern und schmucklos zeigen. Die drei Kapitelle aus Quedlinburg (Abb. 36 u. 37 nach Kutschmann a. a. O.) lassen ersehen, daß im sächsischen Kunstzweige der deutschen Kunst die Flechtformen vielleicht etwas roher, aber fast noch vielseitiger verwendet worden sind. Sie geben auch gute Beispiele, wie die Gestalt eines Menschen oder eines Vogels behandelt wird, um sie für die Flechtkunst darstellbar zu machen.[32]) Es kann natürlich nur das Roheste zustande kommen, wenn ein Gesicht mit Nase, Mund, Augen und Haaren in der Seitenansicht durch eine geknickte Rute oder einen Draht nachgebildet wird. So erklären sich die rohen Darstellungen auf Münzen der germanischen Frühzeit. Bei Menschen und Tieren findet sich auch häufig der Ansatz der Gliedmaßen durch Voluten hergestellt, ein Verfahren, das der Flechtkunst ganz entspricht, und welches sich auch in der altnordischen, irischen und sarazenischen Kunst wiederfindet.

Da wir uns mit diesen Bemerkungen etwas weiter hinausgewagt haben, so sei auch darauf hingewiesen, daß gleichfalls in der Baukunst der alten Ägyter sich vielfach die Herleitung der Formen aus der Flecht- und Holzbaukunst klar ergibt. Das wird durch verschiedene steinerne Grabmäler im Berliner Museum nachgewiesen, die Häuser mit geflochtenen Wänden nachahmen. Dann aber lassen die Säulen aus Philae (Abb. 38) klar ersehen, wie auch dem ägyptischen Künstler bei Bildung seiner Säulen Bündelsäulen von Stangen aus Bambus oder schlanken Palmenstämmen vorgeschwebt haben, die durch kräftige Bänder, wie wir sie im kleinen etwa als Tonnenreifen kennen (ähnlich auf Abb. 32 rechts), zusammengehalten werden und sich oben frei zu pflanzlichen Gebilden auswachsen. Die letzteren scheinen auch weniger der Natur unmittelbar entnommen als vorher in der Korbflechtkunst stilisiert worden zu sein. Es kommen dadurch ganz ähnliche Gebilde zutage, wie an den Kapitellen des Portals der Michaelskirche in Pavia (Abb. 24). Ein zweites Beispiel aus Ägypten gibt Abb. 39.

Dagegen kann hier nicht auf weitere Beispiele der vorbildlichen Flechtbaukunst an anderen Bauteilen der ägyptischen Kunst eingegangen oder die Flechtbaukunst neben der Holzbaukunst als Grundlage auch der hellenischen, mykenischen, persischen, hethitischen[33]), etruskischen, indischen[34]) usw. Steinbaukunst nachgewiesen werden. Das Wort Ovids, daß die ersten Menschen ihre Behausungen aus Flechtwerk herstellten, trifft wohl für fast alle Völker zu, und nicht nur die Wände des Hauses oder der Hütte wurden geflochten oder gewirkt, sondern auch die Bekleidung der Wände und des Fußbodens, dann die eigene Bekleidung, soweit nicht Tierfelle benutzt wurden, sowie Hausrat und Behälter, ferner Gefäße z. B. zur Aufbewahrung von Körnerfrucht, wie wir sie heute noch teilweise in sehr schönen Formen in Afrika finden. Bei anderen Völkern dienen geflochtene Gefäße sogar nach Dichtung mit Asphalt oder Harz für flüssigen Inhalt[35]), ja es gibt in Flechtwerk hergestellte Schiffskörper, die einige Menschen oder gar ein Pferd tragen können, z. B. in Mesopotamien und Zentralamerika. Die ursprüngliche Kunst des Flechtens, Wirkens und Webens ragt daher überall noch in die bildende und bauende Kunsttätigkeit der Völker bis in die spätesten Zeiten hinein, wie auf sprachlichem Gebiet das Wort Wand und andere sich bis in unsere heutige deutsche Sprache hinein erhalten haben.

31) Dict. de l'architecture. Bd. VIII, S. 207 beim Worte Sculpture.

32) Ähnliche Menschendarstellungen zeigt die Königshalle Ranimirs (Abb. 18). Ausgezeichnete finden sich auch am alten Schlosse von Neuenburg in der Schweiz.

33) Woermann, Geschichte der Kunst aller Zeiten und Völker, gibt Bd. I S. 158 ein vortreffliches Beispiel einer hethitischen Säulenbasis aus Kappadozien aus der Zeit zwischen dem 13. und 7. Jahrh. v. Chr. Die Basis erinnert in der Bildung aus Flechtstricken ganz an diejenige aus S. Miguel de Lino (Abb. 20).

34) Die indischen steinernen Kuppelbauten und ihre Zierformen sind von Hoech im Jahrg. 1914 d. Z., S. 525 ff. schon überzeugend als Ableitung der mit Bambusrohr arbeitenden Holz- und Flechtkunst der Inder nachgewiesen worden.

In demselben Jahrgang S. 526 kommt Schubart zu einem ähnlichen Ergebnis in Bezug auf die chinesische Steinbaukunst, den T'ing-Stil. Er weist ihn nach als eine Erinnerung an die ersten urwüchsigen Bauten des seßhaft gewordenen chinesischen Volkes, „die einerseits in Höhlen, anderseits in einfachen Holzhütten mit Strohdeckung bestanden haben“.

35) Die bandförmigen Verzierungen vieler Gefäße in der sog. Bandkeramik, ferner auch an nordischen Taufsteinen, die in dem Werke „Kunst og haandverk“ wiedergegeben sind, werden hierauf zurückzuführen sein.

(Schluß folgt.)

Die elektrischen Schnellbahnen Hamburgs und ihre Erweiterungen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 4 bis 6 im Atlas.)

Die Freie und Hansestadt Hamburg ist in steter Entwicklung begriffen und hat sich besonders in den letzten Jahrzehnten vor dem Kriege zu ungeahnter Blüte entwickelt. Im Jahre 1870 belief sich die Bevölkerungszahl auf rd. 285000, im Jahre 1890 auf rd. 570000, im Jahre 1900 auf rd. 706000 und Anfang 1912 auf rd. 987000 Köpfe. Die Weichbildgrenze umfaßte in dem letztgenannten Jahre ein Gebiet von rd. 78 qkm, davon über 10 qkm Wasserflächen. Der 1. Januar 1913 brachte umfangreiche Gebietserweiterungen durch die Einverleibung von Alsterdorf, Ohlsdorf, Fuhlsbüttel, Kleinborstel, Großborstel, Langenhorn, Billbrook, Elbinsel Waltersdorf; hierdurch wuchs die Stadtfläche auf rd. 124 qkm und die Einwohnerzahl auf 1006750 Seelen an. Hamburg ist somit die zweitgrößte Stadt Deutschlands.

In verkehrspolitischer Beziehung sind das preußische Altona und die freie und Hansestadt Hamburg als eine Einheit zu betrachten. Sämtliche in Hamburg einmündenden Bahnen waren früher in Privatbesitz. Die Bahnanlagen waren der außerordentlich schnellen Entwicklung der Schwesterstädte bald nicht mehr gewachsen; die Plankreuzungen in den verkehrsreichen Straßen der Innenstadt bildeten für den Straßenverkehr ein besonderes Hindernis und mußten schließlich zu unhaltbaren Zuständen führen. Nachdem sämtliche in Hamburg einmündenden Bahnen — mit Ausnahme der Lübeck-Büchener — verstaatlicht waren, konnten sehr umfangreiche Um- und Neubauten in verhältnismäßig kurzer Zeit durchgeführt werden. Für die Baukosten waren nach und nach annähernd 90 Mill. Mark aufzubringen, in die sich der preußische und hamburgische Staat sowie die Lübeck-Büchener Eisenbahngesellschaft zu teilen hatten. Als Krönung der riesigen Umbauarbeiten darf der am Steintor angelegte, am 5. Dezember 1906 eröffnete Große Hamburger Hauptbahnhof angesehen werden, in dem nunmehr alle in Hamburg einmündenden Eisenbahnen vereinigt sind. Von hier werden sämtliche Fernzüge — mit Ausnahme der Hamburg-Lübecker Strecken, die im Hauptbahnhof ihr Ende finden — unter Vermeidung schienengleicher Kreuzungen zum Hauptbahnhof Altona geführt.

Der Fernverkehr verläuft in vier Hauptrichtungen: a) nach Berlin; b) nach Bremen, Hannover, Cuxhaven; c) nach Kiel-Dänemark; d) nach Lübeck-Mecklenburg.

Ein lebhafter Vorortverkehr herrscht in den Richtungen zur Lüneburger Heide, nach Friedrichsruh, Bergedorf und dem Sachsenwald, Cuxhaven, Blankenese, Wesel und Elmshorn.

Das hamburgische Straßenbahnnetz ist weitverzweigt und vorzüglich ausgebildet. Alster- und Elbdampfschiffe besorgen den regen Wasserverkehr in vorbildlicher Weise.

I. Die elektrische Stadt- und Vorortbahn Blankenese-Ohlsdorf der Preußisch-Hessischen Staatsbahn.

Die andauerde Steigerung des Ort- und Vorortverkehrs drängte dazu, auch die Staatsbahn für diese Verkehrsarten leistungsfähiger zu gestalten. Zu diesem Zwecke wurde die 26,67 km lange, mit besonderen Gleisen ausgerüstete Vorortbahn Blankenese — Altona — Hamburg — Hasselbrook — Ohlsdorf (Abb. 7 Bl. 4 u. 5) für den elektrischen Betrieb eingerichtet; die Vorarbeiten dazu reichen bis 1894 zurück. Dem damaligen Stande der Technik entsprechend konnte ernstlich nur Gleichstrombetrieb in Frage kommen. Auch die in den Jahren 1901 und 1902 von der Union Elektrizitäts-Gesellschaft, der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (A.E.G.) und von Siemens u. Halske (S. u. H.) eingereichten Entwürfe brachten noch Gleichstrombetrieb in Vorschlag. Um dieselbe Zeit erschien der Einwellen-Wechselstrommotor als aussichtsreicher Wettbewerber auf dem Plan. Um die von Winter-Eichberg erfundene neuartige Triebmaschine für Bahnbetriebe mit hoher Fahrdrahtspannung auszuproben, wurden Versuche auf der 4,1 km langen Vorortstrecke Niederschöneweide-Spindlersfeld bei Berlin mit staatlicher Unterstützung durchgeführt. Die Entscheidung über die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Blankenese-Ohlsdorfer Strecke war einstweilen zurückzustellen, um das Ergebnis des am 15. August 1903 begonnenen Probebetriebes Niederschöneweide-Spindlersfeld abzuwarten. Auf Grund der dort gesammelten günstigen Erfahrungen erfuhr nunmehr die Ausschreibung für die Blankenese-Ohlsdorfer Strecke eine grundlegende Änderung, dergestalt, daß einwelliger Wechselstrom mit 25 Polwechseln i. d. Sek. von 6000 Volt Spannung als Betriebstrom mit Oberleitung zur Anwendung kommen sollte. Nur deutsche Firmen wurden seitens der Staatsbahnverwaltung zu Beginn des Jahres 1904 zur Einreichung von Entwürfen und Berechnungen aufgefordert und somit zum ersten Male vor die Aufgabe gestellt, eine bedeutende Wechselstrombahn mit dichtem Verkehr auszurüsten, die, abgesehen von der Spindlersfelder Versuchsbahn, überhaupt als erste mit Vielfachsteuerung versehene reine Einwellen-Hauptbahn der Welt anzusprechen war. Heute darf behauptet werden, daß die deutsche Industrie sich mit großem Erfolge der schwierigen Aufgabe entledigt hat.

Seit dem 29. Januar 1908 ist auf der Strecke Blankenese-Ohlsdorf der elektrische Betrieb in vollem Umfange eingeführt, nachdem schon seit dem 1. Oktober 1907 elektrische Züge an Stelle von Dampfzügen nach und nach eingelegt worden waren.

Die durchweg zweigleisige Bahn hat — wie schon erwähnt — eine Gesamtlänge von 26,67 km und besitzt zurzeit 18 Stationen (Abb. 3 u. 7 Bl. 4 u. 5). Der Gleiskörper ist abwechselnd auf Dämmen, gemauerten Überbauten, eisernen Brücken und in Einschnitten verlegt. Der 10,6 km lange mittlere Teil vom Hauptbahnhof Altona bis Hasselbrook bildet die eigentliche Stadtbahn, die sehr verkehrsreiche Stadtteile Altonas und Hamburgs durchschneidet.[1]) Der von Hasselbrook nach Norden verlaufende 7,1 km lange Teil ist als Vorortzweig zu bezeichnen; er führt hart an der Weichbildgrenze der

1) Für die Berechnung der Fahrpreise gelten seit dem Wettbewerb der Hamburger Hochbahn die Strecke vom Hauptbahnhof Altona bis Barmbeck als „Stadtstrecke“ und die darüber hinausreichenden Zweige als „Vorortstrecken“. Nähere Mitteilungen hierüber sind bei Erwähnung der Fahrpreise gegeben.

preußischen Stadt Wandsbeck entlang und dann über den Hamburger Stadtteil Barmbeck nach Ohlsdorf, bekannt durch den großen Hamburger Zentralfriedhof. Der westliche Vorortzweig beginnt in Altona und endet nach 8,9 km in dem schönen Villenorte Blankenese. Die größte Stationsentfernung von 2,52 km befindet sich zwischen Bahnhof Barmbeck und Rübenkamp, die kleinste von 0,7 km zwischen Hasselbrook und Wandsbecker Chaussee; die mittlere Stationsentfernung

Abb. 1.
Unverzierter Gittermast mit Ausleger für Doppelgleis auf gerader Strecke.

beträgt 1,6 km. Die Gesamtfahrzeit (ausschließlich der Stationsaufenthaltzeiten) beläuft sich auf ungefähr 53 Min., die mittlere Fahrgeschwindigkeit rd. 36,0 km-Stunde. Der kleinste Krümmungshalbmesser beträgt 250 m, die größte Steigung 1 : 80. Plankreuzungen sind vermieden.

Dem mit einem Kostenaufwande von 3,6 Mill. Mark am Nordende des Hauptbahnhofes Altona errichteten Kraftwerk wird der zum Betriebe benötigte Bahnstrom mittels Speiseleitungen von den Sammelschienen in einer Spannung von etwa 6600 bzw. 30000 Volt entnommen. Die Fahrleitungen, in denen eine mittlere Spannung von 6300 Volt herrscht, werden durch sieben auf der Strecke verteilte Speisepunkte mit Strom versorgt. Die rd. 6600 Volt führenden Speiseleitungen sind einpolig; die Rückleitung des Stromes zum Kraftwerk erfolgt durch die Fahrschienen. Die die Linie der Güterumgehungsbahn berührenden, nach dem Unterwerk auf Bahnhof Barmbeck führenden zweipoligen Leitungen haben 30000 Volt Spannung. Die Fahrdrahtspannung innerhalb des Wagenschuppens auf dem Betriebs- und Werkstättenbahnhof in Ohlsdorf beträgt aus Sicherheitsgründen nur 300 Volt, so daß besondere Abspanneinrichtungen und der Einbau von Sonderstromabnehmern an den Triebwagen erforderlich wurden.

Abb. 2. Jochmaste.

Die Fahr- und Speiseleitungen sind meist an denselben Masten angebracht. Die Fahrleitung wird teils von Armauslegern (Text-Abb. 1), teils von Jochen (Text-Abb. 2) getragen; sie ist nach dem Verfahren der sogenannten Vielfachaufhängung mit einfacher Kette verspannt. Der gerillte, regelrecht 5,2 m über S.-O. hängende Fahrdraht *a* hat einen Querschnitt von 90 qmm; er ist mittels Fahrdrahtklemmen an einem darüber hängenden verzinkten Stahldraht von 6 mm Durchmesser, dem sogenannten Hilfstragdraht *b*, befestigt. Dieser wiederum ist in Abständen von höchstens 6 m an dem eigentlichen Tragseil *c*, einem verzinkten Stahldrahtseil von 35 qmm Querschnitt, aufgehängt. Auf diese Weise sind 67 km Einfachgleis überspannt. Ein Kilometer überspanntes Einfachgleis, einschließlich der Speiseleitungen, kostet rd. 26000 Mark. Die Überwachung und Unterhaltung der Fahr- und Speiseleitungen, einschließlich der Masten usw., erfordert für 1 m Einfachgleis auf ein Jahr 1,03 Mark — ein hoher Betrag, der sich bei anderen Anlagen verringern wird, da im vorliegenden Falle bei einem Mastenabstand von nur 43 m reichlich viel Streckenausrüstungsgegenstände einzubauen waren. Bei neueren Bahnanlagen mit Vielfachaufhängung geht man mit der Entfernung der Masten bis auf 80 bis 100 m.

Die Triebwagen sind zum größten Teil von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, zum kleineren von den Siemens Schuckert-Werken (S. S. W.) ausgerüstet worden. Im wesentlichen ist die Bauart die gleiche. Eine Triebwageneinheit besteht aus zwei dreiachsigen kurz gekuppelten Wagenhälften, wie sie in ähnlicher Bauart auf der Berliner Stadt- und Vorortbahn eingeführt sind. Der Anschaffungspreis eines Wagens stellt sich im Durchschnitt auf 100000 Mark, Raucherabteile sind nicht vorgesehen; danach besteht für alle Abteile das Rauchverbot. Die Wagen können elektrisch geheizt werden. Je nach dem Verkehrbedürfnis bestehen die Züge

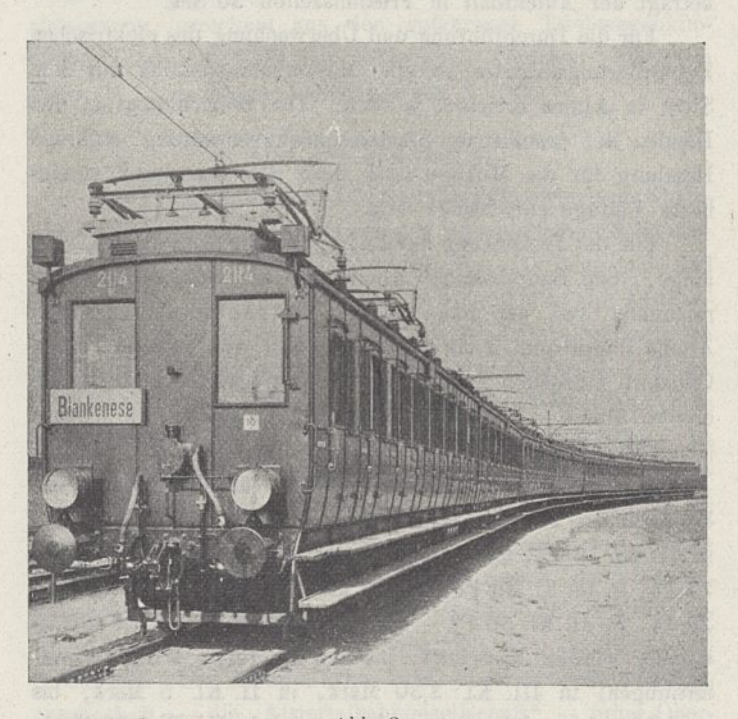


Abb. 3.
Zug mit A. E. G.-Triebwagen.

aus einer oder mehreren Triebwageneinheiten. Die — bei den aus mehreren Triebwageneinheiten gebildeten Zügen in der Mitte befindlichen — Führerabteile sind für die Fahrgäste geöffnet. Text-Abb. 3 zeigt einen solchen Zug mit A. E. G.-Triebwagen. Die Triebräder haben einen Durchmesser von 1 m. Die Höchstgeschwindigkeit der Züge beträgt 50 km/Std. Der vom Fahrdraht mittels Bügel- oder Scherenstromabnehmern in einer mittleren Spannung von 6300 Volt abgenommene Strom wird im Wagen durch einen Leistungsumformer heruntergeformt und den Triebmaschinen mit 450 oder 720 Volt zugeführt. Um den innerhalb des Betriebswerkstättenbahnhofs und des Wagenschuppens auf dem Betriebsbahnhof Ohlsdorf in seitlich verlegten Oberleitungsdrähten geführten Niederspannungsstrom von 300 Volt abnehmen zu können, war — wie schon angedeutet — jede Triebwageneinheit für jede Fahrrichtung mit einem Rollenstromabnehmer, Bauart Dickinson, zu versehen;

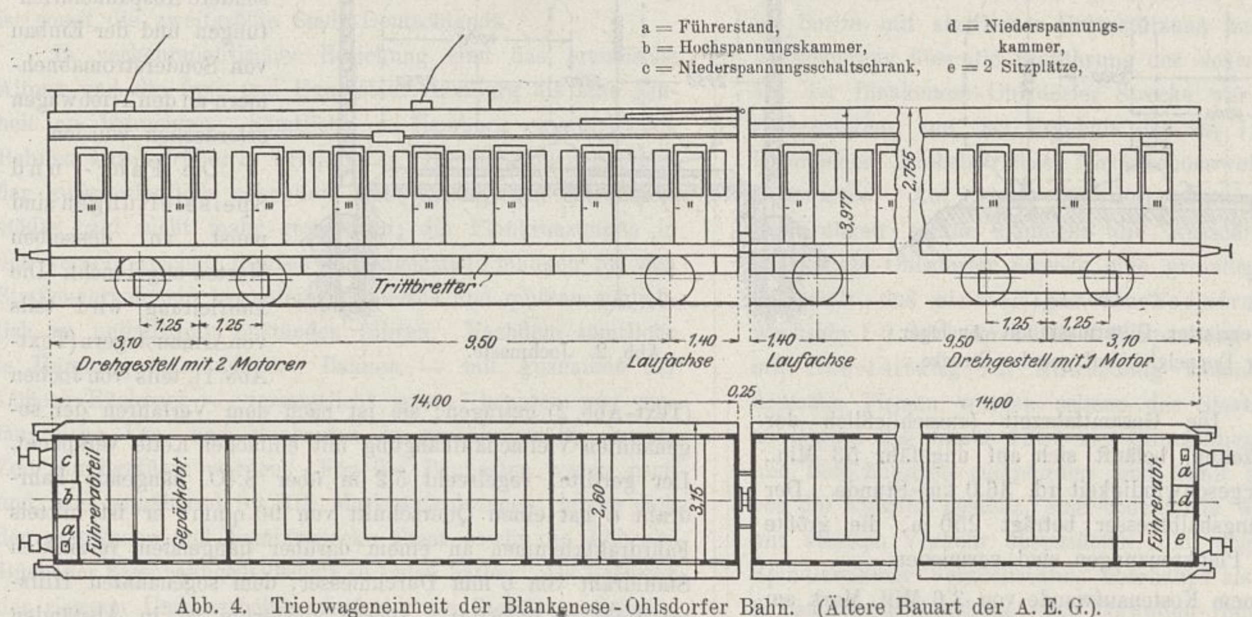


Abb. 4. Triebwageneinheit der Blankenese-Ohlsdorfer Bahn. (Ältere Bauart der A. E. G.).

wird dieser aus seiner Befestigungslage genommen, um an die Niederspannungsleitung angelegt zu werden, so fallen die Hochspannungsbügel von der Leitung selbsttätig ab. Hierdurch wird der Leistungsumformer ausgeschaltet und der Strom von 300 Volt den Wagentriebmaschinen unmittelbar zugeführt.

Vorhanden sind Triebwagen älterer Bauart aus erster Lieferung und Triebwagen neuerer Bauart aus Nachbestellungen. Die A.E.G.-Wagenpaare älterer Bauart (Text-Abb. 4) haben zusammen drei Winter-Eichberg-Triebmaschinen von je rund 115 PS Stundenleistung. Das Übersetzungsverhältnis der Zahnräder ist 1:4,22. Im Durchschnitt hat eine Zugeinheit 122 bis 124 Sitzplätze. Die A. E. G.-Wagen neuerer Bauart sind mit verschiedenen technischen Verbesserungen versehen; sie haben nur zwei Triebmaschinen von je 200 PS Stundenleistung, die in nur einem Drehgestell der Zugeinheit untergebracht sind. Durch Fortfall großer Schränke im Führerabteil konnten einige Sitzplätze gewonnen werden.

Die von den S. S. W. ausgerüsteten Wagen sind mit zwei Triebmaschinen von rd. 150 PS, neuerdings mit solchen von 180 PS Stundenleistung versehen. Die Zahnradübersetzung ist 1 : 3,65.

Das Leergewicht einer vollständigen betriebsfertigen Zugeinheit neuerer Bauart beträgt 62 bis 63 Tonnen gegen 69 bis 71 Tonnen der älteren Bauart aus erster Lieferung. Nach den Ergebnissen der Meßfahrten beträgt der Stromverbrauch 33 bis 35 Wattstunden auf das Tonnenkilometer.

Die von der Bahn durchzogenen Städtebezirke zählen ungefähr 1 Mill. Einwohner. Die Zugfolge wurde in Friedenszeiten auf der Strecke Altona Hptbhf. — Barmbeck in Ausnahmefällen bis auf 3 1/2 Minuten verdichtet, bei einer Zugfolge von 10 Minuten auf den Außenstrecken. Zurzeit beträgt die dichteste Zugfolge 5 Minuten. Während des Dampfbetriebes verkehrten die Züge mit einer mittleren Reisegeschwindigkeit von 22 km i. d. St. gegen 30,5 km i. d. St. bei elektrischem Betrieb (zurzeit 26,5 km i. d. St.) Um den Aufenthalt auf dem Kopfbahnhof Altona, der vor dem Kriege fahrplanmäßig 1 Minute (jetzt 1 1/2 Min.) betrug, nicht zu überschreiten, hat man in den Stunden des starken Berufsverkehrs eine allerdings nur im elektrischem Betriebe durchführbare Maßnahme getroffen. Das Zugpersonal, bestehend aus einem Wagenführer und einem Schaffner, wechselte in Altona auf folgende Weise: Auf die Einfahrt des Zuges wartete eine neue Begleitmannschaft schon an richtiger Stelle, um sofort nach dem Anhalten des Zuges das Führerabteil betreten zu können. Auf den übrigen Haltestellen beträgt der Aufenthalt in Friedenszeiten 30 Sek.

Für die Durchführung und Überwachung des elektrischen Zugförderungsdienstes ist eine Maschineninspektion mit dem Sitze in Altona errichtet worden. Der Betrieb liegt in den Händen der preußischen Staatseisenbahnverwaltung, während Hamburg für die Mitbenutzung ihrer Strecken durch vereinbarte Beträge entschädigt wird.

Für die Festsetzung der Fahrpreise gelten der 13,7 km lange, vom Hauptbahnhof Altona bis zur Station Barmbeck reichende Teil der Bahn als Stadtstrecke und die von Altona Hauptbahnhof bis Blankenese bzw. von Barmbeck nach Ohlsdorf führenden Zweige als Vorortstrecken, von denen die erstere (Altona — Blankenese) sich über 8,9 km und die letztere (Barmbeck — Ohlsdorf) sich über 4,2 km erstreckt.

Die Preise der Einzelfahrkarten für die Stadtstrecke betragen bis zu drei Stationsentfernungen in III. Kl. 10 Pf., in II. Kl. 15 Pf.; bis zu sechs Stationsentfernungen in III. Kl. 15 Pf., in II. Kl. 20 Pf.; für die ganze Stadtstrecke in III. Kl. 20 Pf., in II. Kl. 30 Pf. Für Monatskarten auf der Stadtstrecke werden berechnet: bis 5,5 km (etwa 4 Stationsentfernungen) in III. Kl. 3,30 Mark, in II. Kl. 5 Mark; bis zu 9,6 km (etwa 7 Stationsentfernungen) in III. Kl 5,30 Mark, in II. Kl. 8 Mark; für die ganze Stadtstrecke = 13,7 km in

III. Kl. 7,30 Mark, in II. Kl. 11 Mark. Außerdem werden Nebenkarten zum halben Preise ausgegeben. Für die Vorortstrecken gilt der regelrechte Personentarif. Für Militär-Schüler- und Arbeiterwochenkarten wird für die ganze Strecke zwischen Blankenese und Ohlsdorf 1 Pf. für 1 km berechnet. Vom 1. April 1918 ändern sich gleichzeitig mit der allgemeinen Erhöhung der Eisenbahntarife voraussichtlich sämtliche Fahrpreise der Stadt- und Vorortbahn.

Die Bahn erfreut sich beim Publikum großer Beliebtheit. Der Verkehrzuwachs während ihres Bestehens ist ein ganz gewaltiger. Der Verkehr stieg schon in den ersten zwei Jahren des elektrischen Betriebes von 36 auf 57 Mill. Fahrgäste und soll 1912 rd. 71 Mill. betragen haben. Die Summe sämtlicher Fahrten auf einfache Fahrkarten, Monatskarten, Arbeiterwochen- und Rückfahrkarten, Sonntags-, Schüler- und Militärkarten betrug im Jahre 1913 77,02 Mill. Diese Zahl würde sich bedeutend höher stellen, wenn nicht ein ernster Wettbewerber in der — später zu beschreibenden — elektrischen Hochbahn entstanden wäre. Der Verkehr der Stadt- und Vorortbahn hat sich noch in den Jahren 1909 bis 1911 von rd. 53 auf rd. 70 Mill., also um rd. 17 Mill., von 1911 bis 1913 aber nur um 6 Mill. Fahrgäste gehoben. Danach darf angenommen werden, daß die elektrische Hochbahn der staatlichen Stadt- und Vorortbahn Blankenese — Ohlsdorf im Jahre 1913 rd. 11 Mill. Fahrgäste entzogen hat.

In den von den Außenstrecken berührten Vororten schreitet die Besiedlung in großen Zügen vorwärts. Eine dauernde Verkehrssteigerung erfährt die Bahn durch die auch in Hamburg-Altona herrschende Stadtflucht der Großstädter, die ihren Wohnort von den Geschäftsvierteln entweder in die auch als Ausflugziel sehr beliebten Landhaussiedlungen zwischen Blankenese und Altona oder in die neuen stark bevölkerten nördlich gelegenen Stadtgegenden Hamburgs verlegen und für den Weg zur Arbeitsstätte regelmäßig die elektrische Vorortbahn benutzen. Ein lebhafter Verkehr, insbesondere an Sonn- und Feiertagen, wird durch die vielbesuchten, großartigen Friedhofanlagen in Ohlsdorf hervorgerufen. Die Platzausnutzung, errechnet aus den gefahrenen Triebwagenkilometern und der Zahl der beförderten Personen, stand im Jahre 1910 in einem Verhältnis von 1 : 10.

Die Alstertalbahn.

Eine Verlängerung um 5,8 km erfährt die elektrische Stadt- und Vorortbahn zurzeit durch eine in unmittelbarem Schienenanschluß mit ihr zu bauende vollspurige, für Personen- und Güterverkehr bestimmte zweigleisige Hauptbahn, die Alstertalbahn (Abb. 7 Bl. 4 u. 5), die vom Bahnhof Ohlsdorf nach den preußischen Ortschaften Wellingsbüttel und Poppenbüttel führt.

Durch diese Bahn soll das von der Natur gesegnete obere Alstertal für die Ansiedlung erschlossen werden. Es sind drei nur für Personenverkehr bestimmte Zwischenhaltestellen vorgesehen, von denen die erste in km 2,0 bei Kleinborstel auf hamburgischem Gebiete liegt. Auf preußischem Boden folgen die Haltestellen bei Hoheneichen, 3,1 km, und bei Wellingsbüttel, 4,2 km, und schließlich als Endhaltestelle mit Personen- und Güterverkehr Poppenbüttel-Sasel in km 5,8. Die Alstertalbahn wird durch eine Grundstückgesellschaft — die „Alstertalbahngesellschaft" — unter Oberaufsicht und weitgehendstem Einfluß des preußischen Staates erbaut und teils elektrisch, teils mit Dampfkraft betrieben werden. Für den Bau und die Ausrüstung wurden 2,5 Mill. Mark bereitgestellt, wovon 0,5 Mill. Mark durch Aktienbegebung und der Rest von der genannten Grundstückgesellschaft in Form eines nicht rückzahlbaren unverzinslichen Zuschusses zu den Baukosten aufzubringen sind. Obwohl die Gesellschaft verpflichtet worden ist, den Grund und Boden für eine dreigleisige Strecke zu erwerben, wird die Bahn zunächst nur zweigleisig gebaut und betrieben. Der Personenverkehr und teilweise auch der Güterverkehr werden mit elektrischen Zügen bedient. Die elektrische Ausrüstung der Strecke erfolgt im wesentlichen in gleicher Weise wie bei der Blankenese-Ohlsdorfer Bahn; es kommt Einwellen-Wechselstrom von 6300 Volt Spannung zur Anwendung. Schienengleiche Kreuzungen sind durchweg vermieden. Fahrpläne und Tarife werden von der preußischen Verwaltung festgesetzt, die auch das Recht hat, das gesamte Bahnunternehmen jederzeit käuflich zu erwerben. Beabsichtigt ist, den Zugverkehr zeitweilig an Wochentagen bis auf zwanzig Minuten, an Sonn- und Festtagen bis auf zehn Minuten zu verdichten.

II. Die elektrische Hoch- und Untergrundbahn.

Die Hamburger Hoch- und Untergrundbahn dient zurzeit vorwiegend dem Ortverkehr. Auch diese Bahn hat eine lange und bewegte Vorgeschichte, die bis in das Jahr 1893 zurückgreift. Zu dieser Zeit arbeitete der Oberingenieur des hamburgischen Staates, F. Andreas Meyer, einen Entwurf zu einer Vorortringbahn aus, die vom preußischen Staate als Vollbahn mit Dampfverkehr betrieben und mit einer Abzweigung nach Ohlsdorf versehen werden sollte. Der Gedanke einer Vollbahn wurde jedoch bald aufgegeben, wohl nicht zuletzt auf Grund einer im Jahre 1894 von den Ingenieuren C. O. Gleim und F. Th. Avé-Lallemand verfaßten Denkschrift: „Zur Frage der Hamburger Vorortbahnen". Zu Beginn des Jahres 1894 wurden durch F. Th. Avé-Lallemand für die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft und durch Gleim in Verbindung mit Siemens u. Halske Konzessionsgesuche zum Betriebe einer als Hoch- und Untergrundbahn zu führenden Kleinbahn eingereicht. Die beiden Firmen vereinigten sich in demselben Jahre zu gemeinsamem Vorgehen, und so wurde ein neuer gemeinschaftlich ausgearbeiteter Entwurf unter dem Namen von Gleim und Avé-Lallemand eingereicht. Ungefähr zu derselben Zeit erschien ein von Eugen Langen ausgearbeiteter Entwurf einer zweigleisigen Vorort-Schwebebahn. Nachdem dieser Entwurf von der Senats- und Bürgerschaftskommission für das Verkehrswesen im Jahre 1894 abgelehnt und in dem Kommissionsbericht der Antrag gestellt war, die Vorortbahn unabhängig von dem preußischen Staatsbahnnetz zu erbauen, wurde gleichzeitig im Jahre 1899 von der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vormals Schuckert u. Ko., Nürnberg, ein Plan für eine Vorortbahn als Standbahn und durch die Kontinentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Nürnberg, ein neuer Entwurf zum Bau einer Schwebebahn aufgestellt. Die A. E. G. und S. u. H. reichten darauf im März 1899 ein neues Konzessionsgesuch ein, in dem die beiden Weltfirmen sich bereit erklärten, die Bahn auf eigene Rechnung zu bauen. Jetzt aber entstand ein neuer Wettbewerber in der Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Verbindung mit der Hamburger Straßen-Eisenbahn-Gesell-

schaft, die einen Entwurf zu einem Unterstraßenbahnnetz nach Bostoner Muster einreichten. Die Gesellschaften entschlossen sich schließlich auf Betreiben des Senats, sich mit der A. E. G. und S. u. H. zu gemeinsamem Vorgehen zu vereinigen. Während die drei Elektrizitätsfirmen je zu einem Drittel an den Lieferungen beteiligt werden sollten, wurde der Straßenbahngesellschaft eine leitende Stellung bei Führung der Geschäfte zugesprochen. Auch diese neue Gruppe reichte dem Hamburger Senat Ende 1900 ein neues Angebot ein. Drei Jahre später schied die Straßenbahngesellschaft aus dem Interessenverbande aus, nachdem zu gleicher Zeit die Union Elektrizitäts-Gesellschaft in der A. E. G. aufgegangen war. Nebenher verlief ein zäher Kampf zwischen den die Standbahn und den die Schwebebahn verteidigenden Firmen, bis schließlich der aus dem Jahre 1903 stammende, vom Oberingenieur Petersen für die Kontinentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen ausgearbeitete Schwebebahnentwurf nach vielem Für und Wider in einer am 30. Januar 1904 tagenden Versammlung der Bürgerschaft mit 90 gegen 41 Stimmen endgültig abgelehnt wurde. Man hatte sich für den Bau einer Standbahn entschlossen. Nun wurde schnellere Arbeit geleistet. Ein in dem Jahre 1905 und 1906 von der A. E.-G. und S. u. H. abgeänderter Entwurf wurde angenommen, mit den Genannten ein Bauvertrag geschlossen und die Bausumme auf rd. 41,5 Mill. Mark festgelegt, ein Betrag, der sich später auf rd. 42,4 Mill. Mark erhöhte. In dieser Summe sind nicht enthalten die vom Staate zu tragenden Kosten für Grunderwerb und Abänderung der Straßen im Gesamtbetrage von rd. 5,4 Mill. Mark. Noch am 1. Juli 1906 begannen die Bauarbeiten. Am 3. Februar 1908 wurde den genannten Gesellschaften auf Grund einer öffentlichen Ausschreibung vom Hamburger Staate die Genehmigung zum Betriebe der Bahn auf vierzig Jahre erteilt. Am 25. Januar 1909 wurde der Betriebsvertrag abgeschlossen, unter der Bedingung, daß die Betriebsübernehmer eine neue besondere Gesellschaft mit einem Aktienkapital von mindestens 15 Mill. Mark zu gründen hatten, die auf ihre Kosten die Betriebseinrichtungen beschafften. Dazu gehören das Kraftwerk, die Stromleitungen, die Betriebswerkstätten und Wagenschuppen, die Betriebsmittel und Sicherungsanlagen. Nach Ablauf der Konzession gehen die unbeweglichen Betriebseinrichtungen und die Betriebsgebäude, sowie die Krafterzeugungsstätten nebst den sonstigen Betriebsstätten und den Leitungen unentgeltlich in den Besitz des hamburgischen Staates über.

Die Fahrpreise wurden für die ersten fünf Betriebsjahre so festgesetzt, daß zu zahlen waren: für eine Fahrt bis zur fünften auf die Einsteigehaltestelle folgenden Station in der III. Klasse 10 Pf., in der II. Klasse 15 Pf; für eine Fahrt bis zur zehnten Station in der III. Klasse 15 Pf., in der II. Klasse 20 Pf.; darüber hinaus für das ganze Netz in der III. Klasse 20 Pf., in der II. Klasse 30 Pf. Vor 7 Uhr morgens werden an Werktagen für beliebig lange Fahrt Frühverkehrskarten zu 10 Pf. und ferner Rückfahrkarten, für vor 7 Uhr morgens anzutretende Hinfahrt und beliebige Rückfahrt, zu 20 Pf. ausgegeben. Außerdem sind Wochen- und Wochen-Rückfahrkarten zu 55 und 155 Pf. zu den gleichen Bedingungen aufgelegt. Die Preise für Dauerkarten betragen für das ganze Jahr bis zur achten Haltestelle in der III. Klasse 80 Mark, in der II. Klasse 110 Mark, für jede weitere Haltestelle 5 bzw. 7 Mark mehr, für das ganze Bahnnetz 150 und 200 Mark. Die Dauerkarten sind nicht übertragbar. Außerdem werden Vierteljahrskarten zu folgenden Sätzen ausgegeben:

	Für das	1.	2.	3.	4.
		Vierteljahr betragen die Preise der Dauerkarten			
		Mark	Mark	Mark	Mark
bis zur achten Haltestelle	III. Klasse	28,—	23,—	19,—	15,—
	II. „	38,—	32,—	27,—	23,—
für jede weitere anschließende Haltestelle	III. Klasse	2,—	1,50	1,—	1,—
	II. „	2,50	2,—	2,—	1,50.

Dabei ist zu bemerken, daß die ermäßigten Preise für das 2., 3. und 4. Vierteljahr nur für solche Fahrgäste Gültigkeit haben, die bereits für das 1. Vierteljahr Dauerkarten gelöst haben.

Der Staat erhält einen Anteil der Fahrgeldeinnahme, die für jede Einzelkarte zum Preise von 10 Pf.: 1 Pf., von 15 Pf.: 3 Pf., von 20 Pf.: 6 Pf., von 30 Pf.: 9 Pf. und für jede Zeitkarte 10 vH. des Preises beträgt. Von den Frühverkehrs- und sonstigen zu ermäßigten Preisen ausgegebenen Fahrkarten wird ein Anteil nicht erhoben. Auch sonst noch ist der Staat unter ganz bestimmten Bedingungen an dem Gewinn der Betriebsgesellschaft beteiligt.

Auf Grund dieser nur in großen Umrissen wiedergegebenen Vertragsbestimmungen wurde am 27. Mai 1911 die „Hamburger Stadt- und Vorortbahn-Aktien-Gesellschaft“ begründet, die den im Jahre 1906 begonnenen Bau der Stadtschnellbahnen nunmehr beendet hat. An der Spitze des Bauausschusses stand bis zu seinem Tode

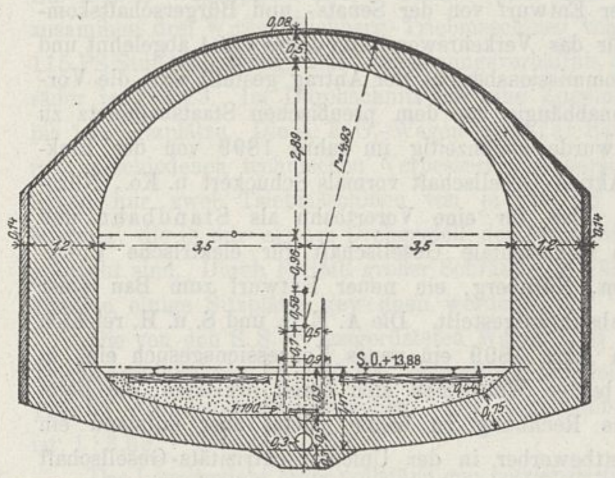


Abb. 5. Tiefliegender gewölbter Tunnel.

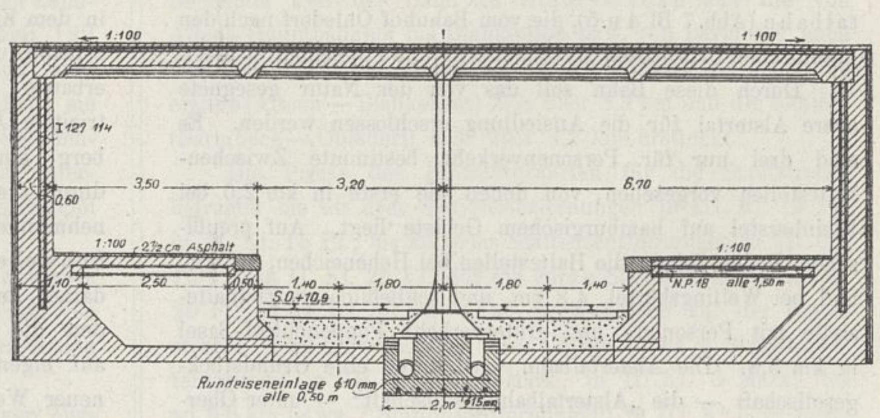


Abb. 6. Haltestelle Barkhof.

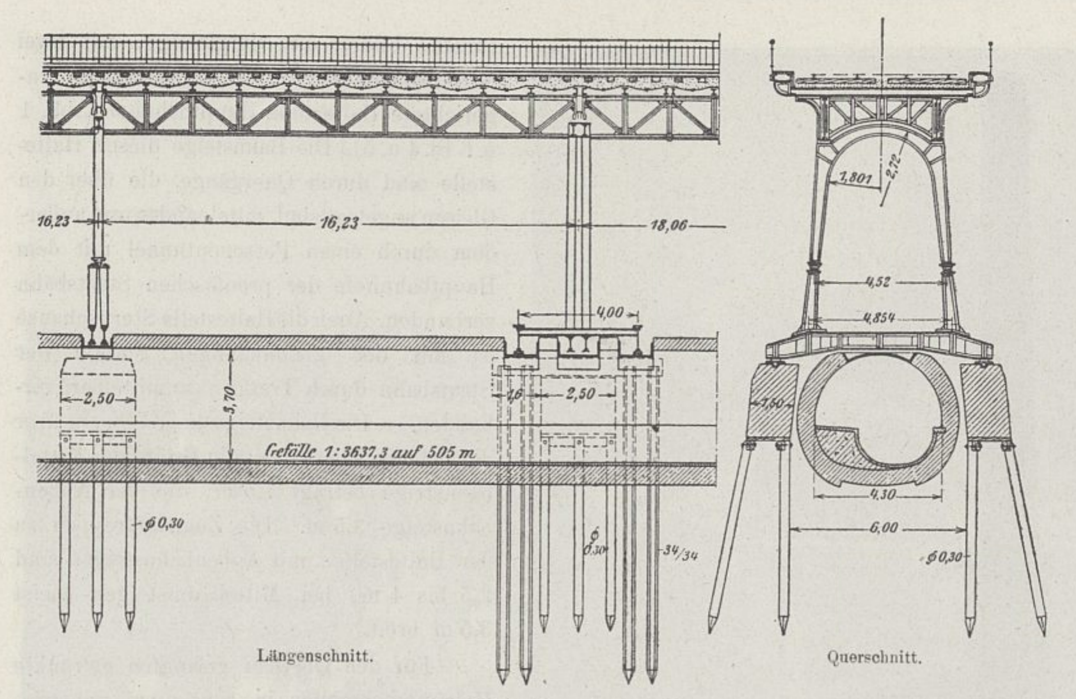


Abb. 7. Fahrbahn über einem Abzugkanal.

(September 1911) der verdienstvolle Geheime Baurat Dr.-Ing. Schwieger. An seine Stelle trat Direktor Berliner. Die Bauleitung wurde in die Hände des Regierungsbaumeisters a. D. W. Stein gelegt. Mit der kaufmännischen Leitung wurde Herr Liez betraut. Die Ermächtigung zur Plangenehmigung nnd die Oberaufsicht über die Bauausführung wurde seitens des hamburgischen Staates dem Baudirektor Sperber übertragen.

Die feierliche Eröffnung des Betriebes auf dem östlichen Teil der Ringlinie fand am 15. Februar 1912 statt. Am 1. März 1912 konnte die Teilstrecke Rathausmarkt — Barmbeck, am 10. Mai 1912 die Teilstrecke Barmbeck — Kellinghusenstraße, am 25. Mai 1912 die Teilstrecke Kellinghusenstraße — Millerntor und am 29. Juni 1912 die Teilstrecke Millerntor — Rathausmarkt in Betrieb genommen werden, so daß seit diesem Tage die gesamte 17,48 km lange Ringlinie im Betriebe steht.

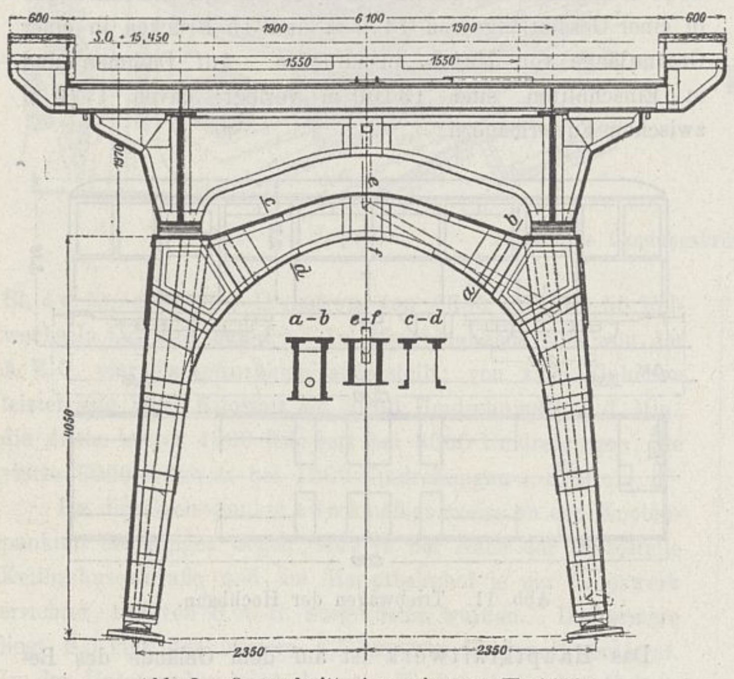


Abb. 8. Querschnitt einer eisernen Hochbahn.

Der 2,66 km lange, fast durchweg unterirdisch verlaufende Eimsbütteler Zweig ist von Schlump bis zur Christuskirche seit 1. Juni 1913, von der Christuskirche bis zur Emilienstraße seit dem 21. Oktober 1913, in seiner ganzen Ausdehnung bis Hellkamp seit dem 23. Mai 1914 im Betriebe. Die 5,38 km lange, auf Dämmen und in Einschnitten liegende Zweigstrecke nach Ohlsdorf wurde am 1. Dezember 1914 dem Verkehr übergeben. Die 3,25 km messende Abzweigung nach Rothenburgsort wird seit dem 27. Juli 1915 befahren. Diese Linie verläuft von der Großen Allee bis zum Besenbinderhof unterirdisch und ist von hier als Hochbahn weitergeführt; geplant ist ein Anschluß an eine noch zu bauende Freihafenbahn. Zurzeit sind 28,77 km zweigleisige Bahnen im Betriebe.

Das Bahnnetz (Abb. 7 Bl. 4 u. 5) hat nach vorstehendem in seiner Gesamtausdehnung eine Länge von rd. 29 km. Es umfaßt — wie noch einmal wiederholt sei — eine durch die Innenstadt und um die Außenstadt führende Ringlinie und drei Zweiglinien, von denen der Zweig von Schlump bis zur Station Hellkamp durch den stark bevölkerten Stadtteil Eimsbüttel mit 122000 Einwohnern führt. Durch den zweiten Zweig wird das gewerbfleißige Rothenburgsort angeschlossen und der dritte Zweig dient zur Aufschließung des oberen Alstertales und insbesondere zur Aufnahme des Ohlsdorfer Friedhofverkehrs.

Die normalspurige, durchweg zweigleisige Bahn hat insgesamt 35 Haltestellen, davon 23 auf der Ringlinie und 12 auf den Zweiglinien. Die kleinste Haltestellenentfernung beträgt 462 m, die größte 2238 m. Die mittlere Haltestellenentfernung auf der Ringbahn ist 760 m; für das ganze Bahnnetz ergeben sich rd. 821 m. Die Linienführung war bei den wechselnden Geländehöhen mit mancherlei Schwierigkeiten verbunden. Der tiefste Punkt der Untergrundbahngleise liegt 4,1 m, der höchste Punkt der Hochbahngleise 21,75 m über Hamburger Normal-Null; das ergibt einen Höhenunterschied der Schienenoberkanten von 17,65.[2]) Die Steigungsverhältnisse sind im allgemeinen nicht ungünstig, mit Ausnahme zweier Steilrampen (Abb. 2 Bl. 4 u. 5), von denen die eine, zwischen den Haltestellen Rathausmarkt und Rödingsmarkt, mit der Neigung 1 : 20,7, die andere, auf der Zweigstrecke nach Rothenburgsort, mit der Steigung 1 : 22,7 angelegt ist. Derartig starke Neigungen sind bisher auf einer Stadtschnellbahn überhaupt noch nicht zur Anwendung gekommen; sie wirken vor allem störend auf die Zugzusammensetzung. — Die Bahn verläuft in bunter Folge teils im Tunnel mit gewölbter oder gerader Decke (Text-Abb. 5

2) Auf der Berliner Hoch- und Untergrundbahn beträgt der größte Höhenunterschied 33,05 m, auf der im Bau befindlichen durchweg unterirdisch verlaufenden städtischen Berliner Nordsüdbahn nur 9,88 m.

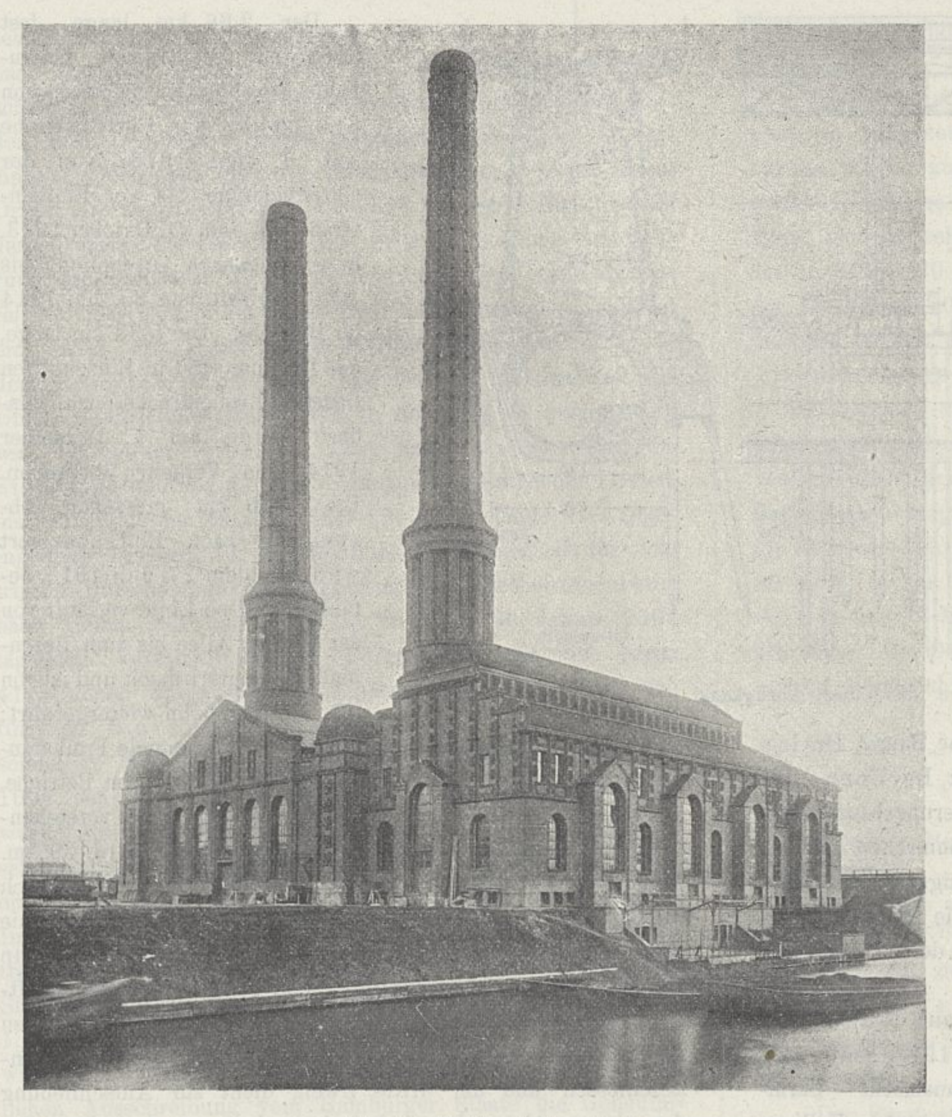


Abb. 9. Kraftwerk Barmbeck.

und 6 [3]), Abb. 1 u. 5 Bl. 4 u. 5), in Straßen von 30 bis 35 m Breite zum Teil auf steinernen und eisernen Überführungen (Text-Abb. 7 u. 8), über Brücken, auf Erddämmen und teilweise auch im offenen Einschnitt. Die in den Text-Abb. 12 bis 14 veranschaulichte Haltestelle „Landungsbrücken" ist bautechnisch bemerkenswert und gibt ein treffliches Bild von den in dem stark wechselnden hamburger Gelände zu überwindenden Bauschwierigkeiten. Der kleinste Krümmungshalbmesser beträgt 71 m. Die Haltestellen auf der östlichen Seite des Netzes zwischen Landungsbrücken und Dehnhaide sind mit Außenbahnsteigen versehen; alle anderen, einschließlich der Zweiglinien, haben Mittelbahnsteige, deren Länge durchweg 60 m beträgt. Diese Länge genügt, um Züge von vier Wagen und ausnahmsweise solche von fünf Wagen abzufertigen. Eine Ausnahme auf der östlichen Strecke bildet die viergleisige, mit zwei Mittelbahnsteigen für Richtungsbetrieb eingerichtete Haltestelle Hauptbahnhof (Abb. 1 u. 6 Bl. 4 u. 5). Die Bahnsteige dieser Haltestelle sind durch Quergänge, die über den Gleisen angelegt sind, miteinander und außerdem durch einen Personentunnel mit dem Hauptbahnhofe der preußischen Staatsbahn verbunden. Auch die Haltestelle Sternschanze ist mit der gleichnamigen Station der Staatsbahn durch Treppen unmittelbar verbunden. — Die Bahnsteige liegen 80 cm über der Schienenoberkante; die Breite der Mittelbahnsteige beträgt 7,5 m, die der Außenbahnsteige 3,5 m. Die Zugangstreppen zu den Haltestellen mit Außenbahnsteigen sind 2,5 bis 4 m, bei Mittelbahnsteigen meist 3,5 m breit.

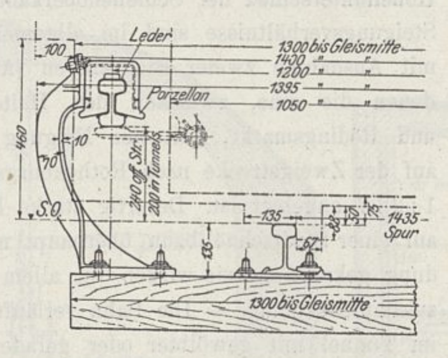


Abb. 10. Aufhängung der Stromschiene.

3) Die Text-Abb. 5, 6, 13 u. 14 sind dem „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens", die Abb. 7 u. 8 der Elektrotechn. Zeitschrift entnommen.

Für den Oberbau gelangten getränkte Holzquerschwellen in Kies- und Schotterbettung und Wechselstegverblattschienen von der Bauart Haarmann zur Anwendung, deren Länge 15 m und deren Gewicht 29 kg für 1 m Länge beträgt. Die Weichen sind mit federnden Zungen und fast durchweg für elektrischen Antrieb ausgebildet. Der Gleisabstand auf offener Strecke beträgt 3,1 m, im Tunnel mit Mittelstützen 3,6 m. Die Tunnel mit gerader Decke, Mittelstützen und mittlerem Längsgang haben eine lichte Weite von 6,75 m, die Tunnel mit gewölbter eine Weite von 7 m bei 5,13 m Scheitelhöhe (Text-Abb. 5 und Abb. 5 Bl. 4 und 5). In Krümmungen liegende Tunnelstrecken sind bis zu 1 m breiter ausgeführt worden. Die Länge der Tunnel mit gewölbter Decke beläuft sich auf 420 m, der Tunnel mit gerader Decke auf 7400 m; auf steinernen Überbauten sind 1950 m, auf eisernen Überbauten 4050 m angelegt. Im ganzen waren 45 Straßenunterführungen in einer Gesamtlänge von 1470 m und 15 Brücken in einer Gesamtlänge von 730 m auszuführen. Auf Dämmen und in Einschnitten sind 13100 m verlegt; davon 1770 m zwischen Futtermauern.

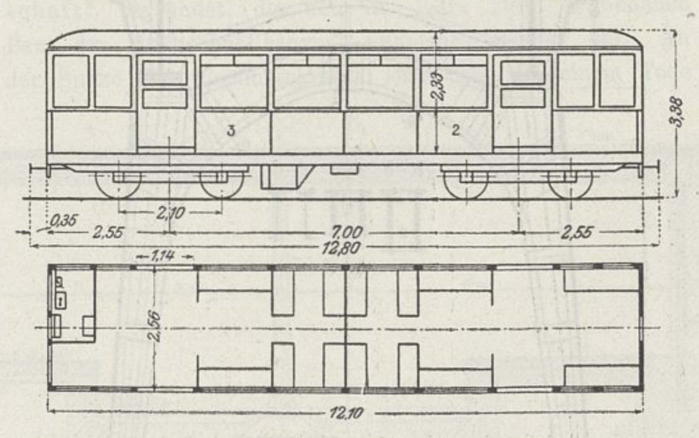


Abb. 11. Triebwagen der Hochbahn.

Das Hauptkraftwerk ist auf dem Gelände des Betriebsbahnhofes bei Barmbeck errichtet (Text-Abb. 9, Abb. 4

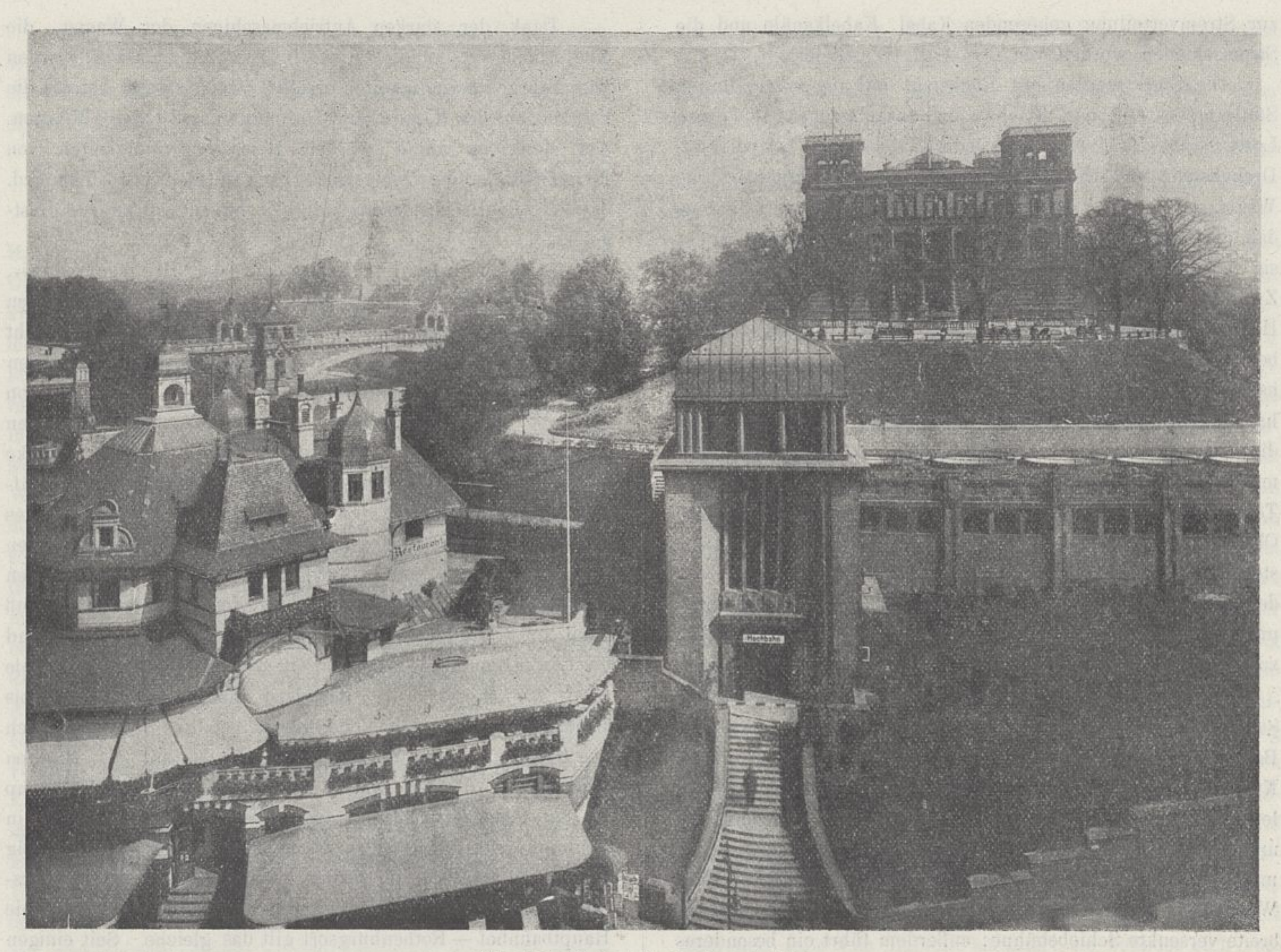


Abb. 12. Haltestelle Landungsbrücken.

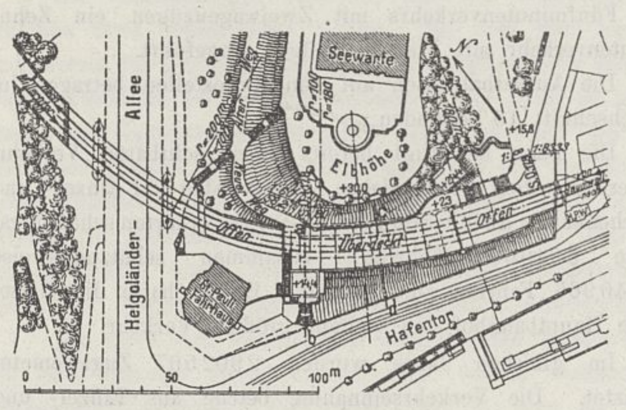


Abb. 13. Lageplan. Haltestelle Landungsbrücken.

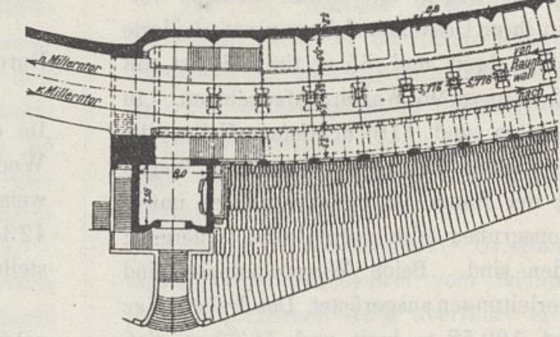


Abb. 14. Teilgrundriß.

Bl. 4 u. 5); dort wird Drehstrom von 6000 Volt bei 50 Polwechseln i. d. Sek. erzeugt. Im Maschinenhaus sind von der A. E. G. vier Dampfturbinen aufgestellt; von zwei Einheiten leistet jede 2000 Kilowatt bei 3000 Umdrehungen i. d. Min., die dritte leistet 4000 Kilowatt bei 3000 Umdrehungen, die vierte 6000 Kilowatt bei 1500 Umdrehungen i. d. Min.

Da die Speisepunkte zweckmäßigerweise an den Knotenpunkten des Ringes liegen, sind in der Nähe der Haltestelle Kellinghusenstraße und am Hauptbahnhof je ein Unterwerk errichtet, die von S. u. H. ausgerüstet wurden. Das erstere liegt 2,5 km, das letztere 6,5 km vom Kraftwerk entfernt. In den Unterwerken wird der vom Kraftwerk in drei Kabeln von je 500 qmm Querschnitt zugeführte Drehstrom von 6000 Volt auf Gleichstrom von 800 Volt Spannung umgeformt; mit dieser Spannung gelangt der Strom — soweit er nicht im Unterwerk in großen Sammlerbatterien aufgespeichert wird — zur Speisung der dritten, neben den Fahrgleisen angeordneten Doppelkopfschiene, die vom Wagenstromabnehmer nur von unten bestrichen wird (Text-Abb. 10). Die Stromschiene hat einen Querschnitt von 5100 qmm und ein Gewicht von 39,5 kg/m. Die Unterwerke haben regelrecht je eine halbe Ringstrecke mit Strom zu versehen; doch kann im Notfalle der ganze Ring von einem einzigen Unterwerke gespeist werden. Speisepunkte für die Stromschiene befinden sich unmittelbar an den Unterwerken und außerdem an den Haltestellen Rödingsmarkt, Mundsburg, Dehnhaide, Kellinghusenstraße und Schlump; die Stromübertragung vom Unterwerk zum Speisepunkt erfolgt durch Speisekabel von je 500 qmm Kupferquerschnitt. Alle

zur Stromverteilung gehörenden Kabel, Kabelkanäle und die Stromschienen wurden von der A. E. G. geliefert.

Die Züge werden mit Rücksicht auf die vorerwähnten Steilrampen nur aus Triebwagen zusammengesetzt, deren Leergewicht 24 t beträgt. Jeder Triebwagen besitzt zwei Drehgestelle und hat 35 Sitzplätze und 70 Stehplätze. Die Wagen sind mit Vielfachschützensteuerung ausgerüstet, so daß die Züge von jedem Wagen aus gesteuert werden können; sie besitzen zwei Wendepoltriebmaschinen von je 100 PS, Zweikammer-Preßluftbremsen, elektrische Beleuchtung und Heizung. Der Raddurchmesser ist 0,8 m. Der Wagenpark besteht ungefähr zur Hälfte aus Wagen, die nur die dritte Klasse haben, zur andern Hälfte aus solchen, die halb dritte und halb zweite Klasse führen. Die zweite Klasse hat roten, die dritte Klasse gelben Außenanstrich. Alle wichtigen Abmessungen, der Aufbau und die Raumverteilung sind aus Text-Abb. 11 ersichtlich. Ebenso wie auf der Blankenese-Ohlsdorfer Bahn besteht das Rauchverbot. Da einige Haltestellen in Krümmungen bis zu 180 m liegen, war es nötig, den Wagenboden 25 cm über Bahnsteigoberkante anzulegen, um so ein Übergreifen des Wagenkastens über den Bahnsteig zu erreichen. In Berlin ist der Unterschied 7 cm geringer.

Auf dem Bahnhof Barmbeck, zwischen dem Barmbecker Stichkanal und dem Bahnkörper der Blankenese-Ohlsdorfer Bahn befindlichen Gelände, ist außer dem schon erwähnten Kraftwerk der Betriebsbahnhof (Abb. 4 Bl. 4 u. 5) angelegt. Dazu gehören zwei Wagenhallen, ein Werkstättengebäude und das Verwaltungsgebäude der Hochbahn. Zwischen der mit 15 Gleisen ausgerüsteten Werkstatt und der großen Wagenhalle befindet sich eine 108,80 m lange und 10,09 m breite versenkte Schiebebühne; außerdem führt ein besonderes Stumpfgleis zu einer Drehscheibe und zum Lagerhause. Sämtliche Gleise des Abstellbahnhofes laufen in einer Weichenstraße zu den Betriebsgleisen zusammen. Sie sind, soweit sie außerhalb der Gebäude liegen, mit dritter Schiene versehen. Die größere, in ihrer Gesamtausdehnung unterkellerte Wagenhalle ist 102,39 m breit und 55 m tief; sie ist mit 24 Gleisen belegt, und vermag 96 Wagen aufzunehmen. In der anderen 34 m breiten und 110 m tiefen Halle, die später erbaut wurde, können auf acht Gleisen 64 Wagen untergebracht werden; der Raum ist nicht durchweg unterkellert, er hat Revisionsgruben, die durch einen Quergang untereinander verbunden sind. Beide Wagenschuppen sind mit stromführenden Oberleitungen ausgerüstet. Das dreischiffige Werkstättengebäude ist 100,58 m breit und 58,66 m tief. In der für 23 Stände eingerichteten Ausbesserungshalle ist eine entsprechende Zahl von Arbeitsgruben vorhanden. Von dem Einbau elektrischer Fahrleitungen ist abgesehen worden. Die Werkstätten, Wagenhallen und deren Einrichtung wurden ebenso wie sämtliche Schwachstromanlagen von der S. u. H. A.-G. geliefert.

Das zur Zugsicherung angewendete sogenannte halbselbsttätige sechsfeldrige Blockwerk stellte bei der Eröffnung der Bahn nach deutschen Begriffen einen bedeutenden Fortschritt im Signalwesen dar. Durch die auf der Berliner Hochbahn inzwischen in Betrieb genommene rein selbsttätige Signalanlage kann die Siemenssche halbselbsttätige Bauart wohl als überholt betrachtet werden und dürfte darum auf anderen Schnellbahnen kaum wieder Verwendung finden.

Dank der starken Antriebmaschinen der Wagen, die eine Anfahrbeschleunigung von 0,67 m/Sek. zulassen, werden gute Fahrgeschwindigkeiten erzielt; beispielsweise beträgt die Fahrzeit auf der Ringlinie im Durchnitt nur 39 bis 40 Minuten. Auf derselben Linie werden Reisegeschwindigkeiten von 29 km/Std., auf der Zweigstrecke nach Ohlsdorf von 30 km/Std. erzielt. Die Höchstgeschwindigkeit ist auf 50 km/Std. festgelegt.

Je nach Bedarf verkehren auf der Hochbahn Zwei-, Drei-, Vier- oder Fünfwagenzüge. Für längere Züge reichen die Bahnsteige nicht aus. Auf der Ringlinie ist regelrecht ein Zehnminutenverkehr eingeführt; zwischendurch verkehren zwischen Barmbeck und Ohlsdorf Züge in Abständen von ebenfalls zehn Minuten, so daß mit Ausnahme der ersten Frühstunden und der letzten Nachtstunden auf der Strecke Barmbeck — Rathausmarkt — Kellinghusenstraße eine Fünfminutenzugfolge erzielt wird. Nur in den Flutstunden des Verkehrs verdichtet sich die Zugfolge auf dem gesamten Ring auf fünf Minuten. Während dieser Zeit verkehren zwischen Kellinghusenstraße und Ohlsdorf Pendelzüge; es muß dann auf Kellinghusenstraße umgestiegen werden. Während des Zwanzigminutenverkehrs auf der Ohlsdorfer Zweiglinie wird die Strecke von Barmbeck über Rathausmarkt bis Kellinghusenstraße mit Pendelzügen befahren. Vor Ausbruch des Krieges war die Zugfolge zeitweilig bis auf $2^1/_2$ Minuten verdichtet. Auf dem Eimsbütteler-Zweig Schlump-Hellkamp ist ein Pendelverkehr mit Zweiwagenzügen eingerichtet; in Schlump muß umgestiegen werden. Auch auf diesem Zweig besteht in der Regel der Zehnminutenbetrieb, in den verkehrsreichsten Stunden der Fünfminutenbetrieb; für die Zweiglinie Hauptbahnhof — Rothenburgsort gilt das gleiche. Seit einigen Monaten ist auf der Strecke Hellkamp — Schlump — Hauptbahnhof — Rothenburgsort während der Arbeiterzeit an Stelle des Fünfminutenverkehrs mit Zweiwagenzügen ein Zehnminutenverkehr mit Vierwagenzügen eingeführt.

Die Aufenthaltzeiten auf den Haltestellen betragen im Durchschnitt 15 Sekunden.

Die Bahn bewältigt bereits einen achtbaren Verkehr. Im ersten vollen Betriebsjahre 1913 wurden auf Einzel- und Wochenkarten 39 000 966 Fahrten, auf Dauerkarten schätzungsweise 3 340 000 Fahrten, zusammen schätzungsweise 42 340 966 Fahrten zurückgelegt. Bisher hatte die Haltestelle Hauptbahnhof den weitaus größten Verkehr.

Im gleichen Jahre wurden 2 902 567 Zugkilometer geleistet. Die Verkehrseinnahme betrug aus Einzel- und Wochenkarten 4 957 980 Mark, aus Zeitkarten 229 893 Mark, insgesamt 5 187 873 Mark, oder 12,3 Pf. auf den Fahrgast. Hierzu kommen verschiedene Einnahmen im Betrage von 74 466,30 Mark, so daß die Gesamteinnahmen sich auf 5 262 339 Mark stellen. Die Betriebskosten beliefen sich im Jahre 1913, bei einer durchschnittlichen Betriebslänge von 17,90 km, auf 2 786 839 Mark. Der Überschuß gestattet eine Verzinsung des Aktienkapitals von 15 Mill. Mark mit 5,5 vH. An den Staat Hamburg waren eine Abgabe von 823 767 Mark und eine Gewinnbeteiligung von 61 965 Mark, insgesamt 885 732 Mark abzuführen. Da die Baukosten insgesamt 47 765 380 Mark betragen, hat sich diese Summe mit nur 1,85 vH. verzinst, ein Ergebnis, das sich in absehbarer Zeit bedeutend verbessern wird.

Das Netz der Hamburgischen Hoch- und Untergrundbahn wird nach verschiedenen Richtungen ganz außerordentlich erweitert. An erster Stelle sollen die im Bau befindlichen Erweiterungslinien Erwähnung finden.

a) Die Walddörferbahn.

Durch das unverkennbar sich steigernde Bestreben der Hamburger Bevölkerung, ihren Wohnsitz in eine ländliche Umgebung zu verlegen, ist eine Abwanderung der steuerkräftigen Einwohner zu befürchten. Um diesen an sich lobenswerten „Zug ins Grüne“ auf hamburgisches Gebiet zu leiten, ist bei der hamburgischen Regierung der Plan gereift, die sogenannten Walddörfer, worunter die waldreichen, inmitten preußischen Gebietes, nordöstlich von der Stadt gelegenen hamburgischen Gebietsinseln Farmsen, Volksdorf, Wohldorf, Schmalenbek-Gr. Hansdorf zu verstehen sind, durch den Bau einer elektrischen Schnellbahn für den Wohnbau zu erschließen. Von den genannten Gebietsteilen waren Farmsen und Gr. Hansdorf bisher überhaupt ohne jegliche Bahnverbindung mit der Mutterstadt Hamburg. Volksdorf ist seit 1903 durch eine von den Gebr. Körting in Hannover mit Unterstützung des hamburgischen Staats erbaute elektrische Kleinbahn mit Altrahlstedt, einer Station der Lübecker Bahn, verbunden. Im Jahre 1906 wurde diese dem Personen- und Güterverkehr dienende Bahn bis nach Wohldorf verlängert. Die Züge verkehren auf diesen insgesamt 12,9 km langen Strecken mit mäßiger Geschwindigkeit in Abständen von 45 Minuten; zur Erschließung der genannten Walddörfer konnte ein solcher Betrieb naturgemäß nicht viel beitragen, und so ließ man denn auch den früher gehegten Plan fallen, Gr. Hansdorf auf gesondertem Wege an die Lübecker Bahn in Station Ahrensburg anzuschließen.

Die Verhandlungen über den Bau der Walddörferbahn reichen etwa sieben Jahre zurück. Mit dem Bau der von vornherein für den elektrischen Betrieb eingerichteten Schnellbahn wurde im Jahre 1911 begonnen. Die Bahn ist innerhalb des Gemeinschaftsbahnhofes Barmbeck, der von den Schienensträngen der elektrischen Hochbahn und der Blankenese-Ohlsdorfer Bahn durchzogen wird, unmittelbar an die Gleise der Hochbahn angeschlossen (Abb. 1 Bl. 6). Um dies zu erreichen, waren umfangreiche bauliche Veränderungen nach den Plänen des Baudirektors Sperber erforderlich.

Die nach den Walddörfern verkehrenden Züge werden in dem Bahnhof Barmbeck an dem bereits vorhandenen Bahnsteig abgefertigt; hier halten auch die aus der Stadt kommenden Hochbahnzüge. In der Nähe der Hufnerstraße zweigt die Verlängerungslinie in der Richtung auf Farmsen ab. Für das von den Walddörfern kommende Gleis mußte südlich der Barmbecker Empfangsgebäude ein neuer Bahnsteig angelegt werden. Dieses Gleis überschneidet, vom Bahnsteig des Bahnhofs Barmbeck aus gesehen, den Bahnkörper der bestehenden Hochbahn und zieht dann mit dem von Barmbeck kommenden Walddörfergleis auf gemeinsamem Überbau über die Gleise der staatlichen Stadt- und Vorortbahn und weiter nördlich über die Gleise der künftigen Güterumgehungsbahn und schließlich über die Hellbrookstraße. Der die Abzweigung ermöglichende, in einer langen Krümmung und in Steigungen von 1 : 55 bis 1 : 40 liegende eiserne Überbau ist 573 m lang. Die schon erwähnte Forderung, die Reisenden der Walddörferbahn ohne Umsteigen auf die Hochbahn überzuleiten, ist somit bewerkstelligt und gleichzeitig Vorsorge getroffen, diese Anschlußbahn später einmal auf eigenem Bahnkörper ins Stadtinnere weiterführen zu können. Von der Hellbrookstraße führt die Bahn auf hohem Damme bis zu der vom Bahnhof Barmbeck 1,8 km entfernten, noch auf hamburgischem Gebiet liegenden Haltestelle Habichtstraße und dann, immer östlich verlaufend, auf preußischem Gebiet durch die Gemeinde Wandsbek zur Haltestelle Hinschenfelde in km 2,3. Die hamburgische Gemeinde Farmsen wird erreicht; unweit der Trabrennbahn ist für später eine Haltestelle vorgesehen. Es folgt bei km 6,7 die Haltestelle Farmsen. Bald dahinter befindet sich die Bahn wieder auf preußischem Gebiete. Die nächste Haltestelle Berne, km 9,3, liegt jedoch wieder auf hamburgischem Boden. Hier tritt die Bahn in den Einschnitt, der bis an die Grenze des Gemeindebezirks Volksdorf reicht. Nachdem die schon erwähnte Altrahlstedt-Wohldorfer Bahn überschritten ist, legt sich die Walddörferbahn auf eigenem Bahnkörper neben die Gleise der erstgenannten Bahn bis zu dem in der Mitte von Volksdorf in km 12,5 auf einer Dammschüttung angeordneten Bahnhof gleichen Namens (Abb. 2 Bl. 6). Nun verzweigt sich die Linie in nördlicher Richtung nach Wohldorf, in östlicher Richtung nach Gr. Hansdorf. Der Gabelung nach Wohldorf folgend, treffen wir bei km 14,1 auf den Haltepunkt Volksdorf-Nord, bei km 15,9 auf den in preußischem Gebiete liegenden Haltepunkt Lottbek und in km 17,8 auf den Endbahnhof in Wohldorf, wo sich auch der Betriebsbahnhof befindet. Vom Bahnhof Volksdorf bis zur Gemeindegrenze senkt sich die Bahn in der Richtung auf Wohldorf nach und nach vom Damme herunter; sie befindet sich vom Bergstedter Wege bis unweit der Gemarkungsgrenze Volksdorf in einem Einschnitt, um von hier bis zum Endpunkt als Dammbahn zu verlaufen.

Die im Gelände angelegte Altrahlstedt-Wohldorfer Kleinbahn reicht in nördlicher Richtung 1,5 km über den Endpunkt der neuen Bahn hinaus bis in die Nähe der Alster; sie wird voraussichtlich in der Folgezeit lediglich den Güterverkehr zu besorgen haben und später, bei lebhafterem Verkehr, unmittelbar neben den Bahnkörper der Walddörferbahn verlegt werden müssen.

Der nach Schmalenbek — Gr.-Hansdorf führende Zweig sondert sich schienenfrei vom Bahnhof Volksdorf ab; mit seinem nördlichen Gleis überführt er die Gleise der Wohldorfer Zweigstrecke (Abb. 2 Bl. 6). Auf hohem Damme geht es in östlicher Richtung über die Haltestellen Volksdorf-Ost 14,3 km, Wulfsdorf (später in km 15,9 anzulegen) bis zur Grenze des preußischen Vororts Ahrensburg. Die ursprüngliche Absicht, das Siedlungsgebiet bis zum Bahnhof Ahrensburg der Lübecker Bahn zu durchfahren, mußte wegen zu hoher Baukosten aufgegeben werden. Der Bahnhof Ahrensburg-West liegt in km 17,0. Die Lübecker Bahn wird rd. 1 km südlich des alten Bahnhofs Ahrensburg unterfahren; ebenso die Hamburger Chaussee. Die Bahn verläuft im Einschnitt weiter bis zum Ahrensburger Tiefmoor, das auf niedrigem Damme überschritten wird. Die Haltestelle Ahrensburg-Süd befindet sich in km 18,7; auf Schmalenbeker Gebiet angelangt, erreicht der Einschnitt eine Tiefe bis zu 12 m. Die Haltestelle Schmalenbek-West liegt bei km 20,1. Vom Waldreiter-

weg, über Schmalenbek-Ost, km 21,7, bis zum Endbahnhof Gr.-Hansdorf in km 23,2 bleibt die Bahn auf einem Damme.

Die Walddörferbahn vermeidet durchweg schienengleiche Kreuzungen von Bahnen, Straßen und Wegen. Um dies zu ermöglichen, waren längs der insgesamt 29 km langen Strecke 70 Brückenbauwerke und größere Durchlässe auszuführen; von diesen haben 40 eiserne Überbauten erhalten. Zwei Feldwegüberführungen sind vorübergehend in Holz, alle übrigen Bauwerke in Beton und Eisenbeton ausgeführt worden. Die Brückenwiderlager wurden, soweit sie mit Hochbauten nicht verbunden sind, im wesentlichen mit gestocktem Beton, die Sockel, Ecken und die Bekrönung mit Basaltlavaverblendung versehen.

Sämtliche Haltestellen erhalten 70 m lange Bahnsteige und sind mit geschmackvoll gestalteten, landhausmäßigen Empfangsgebäuden ausgestattet; diese sind seitlich von der Bahn errichtet und enthalten außer den Betriebsräumen ein oder zwei Dienstwohnungen. Die Bahnsteige erhalten nach dem Muster der Haltestellen des Nordringes und des Ohlsdorfer Hochbahnzweiges 40 m lange Dächer ohne Seitenwände. Die für die Aufschüttungen nötigen Erdmassen konnten größtenteils aus den Einschnitten in Oldenfelde-Berne, Volksdorf und Ahrensfelde-Schmalenbek herbeigeschafft werden.

Auf dem als Hauptbahn gebauten Verkehrswege wird die Höchstgeschwindigkeit 60 km in der Stunde betragen; somit wäre es möglich, die 24,3 km lange Strecke vom Rathausmarkt in Hamburg bis Wohldorf im Vororteilzuge in 35 Minuten, bis Gr.-Hansdorf in 47 Minuten zurückzulegen. Die Bahn wird voraussichtlich lange Zeit hindurch größerer Zuschüsse bedürfen. Für den Bahnbau wurden 20,5 Mill. Mark (ohne Grunderwerb) zur Verfügung gestellt. Die Entwürfe für die gesamten Bahnanlagen sind im „Ingenieurwesen der Baudeputation" des hamburgischen Staates ausgearbeitet worden.

Die Bauausführungen nähern sich der Vollendung. Die Arbeiten für den Unterbau sind im allgemeinen fertig; der Oberbau der Linie Barmbeck — Volksdorf — Wohldorf ist verlegt. Zu vollenden sind noch der Oberbau für den Zweig Volksdorf — Gr.-Hansdorf und einige Oberbauten. Mit der Betriebseröffnung wird voraussichtlich bis nach Friedensschluß gewartet werden.

Im Januar 1912 wurde zwischen der Finanzdeputation der Freien und Hansestadt Hamburg und der Hamburger Hochbahn A.-G. unter Vorbehalt der Genehmigung des Senats ein Betriebsvertrag für die Walddörferbahn geschlossen, wonach der Hamburger Hochbahn A.-G. die Genehmigung zum Betriebe der Bahn, die zunächst nur dem Personenverkehr zu dienen hat, erteilt wird.

b) Die Langenhorner Bahn.

Zum Bau der Langenhorner Schnellbahn drängte die Erfolg verheißende Erschließung des großen unbebauten nördlichen hamburgischen Staatsgebietes, das unmittelbar an die Gebiete von Barmbeck, Ohlsdorf und Fuhlsbüttel in einer Länge von etwa 6 km und in der Breite von 2 bis 3 km anschließt. Auch dem Betriebe der staatlichen Irrenanstalt zu Langenhorn, die mit ihren 1080 Kranken und 300 Angestellten einen beträchtlichen Bedarf an Lebensmitteln, Feuerungsstoff usw. aufzuweisen hat, wird die Bahn zugute kommen; auch deren umfangreicher landwirtschaftlicher Betrieb — Ackerbau, gärtnerischer Gemüsebau und Schweinezucht — wird Nutzen aus dem Anschluß ziehen. Überhaupt wird der Landwirtschaft der angeschlossenen Bezirke nach Eröffnung der Linie die Möglichkeit geschaffen, ihre Erzeugnisse günstiger und billiger als bisher abzusetzen und die Wirtschaftsbedürfnisse besser zu decken.

Von dem auf Anregung der Gemeinde Langenhorn und anderer Grundbeteiligter bereits vor ungefähr acht Jahren angeregten Plan, die Bahn als Kleinbahn im Gelände anzulegen, ist auf Wunsch der hamburgischen Behörden wegen zu geringer Leistungsfähigkeit einer derartigen Bahn Abstand genommen und nach Ablehnung eines verbesserten Entwurfs für eine Bahn mit Sammlerbetrieb der Bau einer zweigleisigen elektrischen Schnellbahn für Personenverkehr in schienengleichem Anschlusse an die Hochbahn beschlossen worden. Ein drittes, gleichfalls elektrisch ausgerüstetes Gleis wird dem Güterverkehr dienen. Während die beiden Personengleise durch Einlegung von Weichen unmittelbaren Anschluß an das Netz der hamburgischen Hochbahn südlich vom Hochbahnhof Ohlsdorf erhalten, ist das dritte, ausschließlich für den Güterverkehr bestimmte Gleis an den preußischen Staatsbahnhof Ohlsdorf angeschlossen (Abb. 3 Bl. 6). Auf dem Bahnhof Ohlsdorf der Hochbahn sind nunmehr für den Personenverkehr zwei Inselbahnsteige mit vier Gleisen vorgesehen, von denen die beiden äußeren dem Personenverkehr von und nach Ochsenzoll dienen. Die beiden inneren Gleise vermitteln den Hochbahnverkehr von und nach der Innenstadt; sie sind für die in Ohlsdorf umkehrenden Züge an der Nordseite des Bahnhofs zu Stumpfgleisen ausgezogen.

Bald hinter dem Anschlußbahnhof Ohlsdorf in nördlicher Richtung wird die Fuhlsbüttlerstraße in hoher Lage auf langer eiserner Brücke überfahren und die Gärtnerei des Zentralfriedhofs auf einem Damme durchschnitten. Hier legen sich die Gleise auf eine kurze Strecke dicht neben die Gleise der Alstertalbahn. Nach Westen abschwenkend, gelangt die Bahn auf einem Damme über die Wellingsbüttler Landstraße nach Kleinborstel und an die Alster, die sie auf einer 35 m langen gewölbten Betonbrücke überschreitet. Allmählich senkt sich die Bahn, bis sie nach Querung des Brombeerweges die Geländehöhe erreicht; sie verläuft nun bis zum Kilometerpunkt 5,0 — abgesehen von einer kurzen Dammstrecke — im Einschnitt. Auf einem Damme geht es weiter bis in die unmittelbare Nähe des an der Langenhorner Chaussee liegenden Endbahnhofs Ochsenzoll, km 7,5. Für den Personenverkehr sind fünf Zwischenhaltestellen geplant: Kleinborstel bei km 1,0, Fuhlsbüttel bei km 1,5, Langenhorn-Süd bei km 2,5, Langenhorn-Mitte in km 3,6, Langenhorn-Nord in km 5,2. Von den Zwischenhaltestellen werden vorerst nur Fuhlsbüttel und Langenhorn-Mitte in Betrieb genommen. Für den Güterverkehr werden — aus später zu erörtenden Gründen — einstweilen nur die Zwischenhaltestelle Langenhorn-Mitte und der Endbahnhof Ochsenzoll (Abb. 4 Bl. 6) ausgebaut. Auf letzterem ist ein Betriebsbahnhof mit Wagenschuppen und Werkstätten vorgesehen. Die südlich von diesem Endbahnhof gelegene staatliche Irrenanstalt Langenhorn soll aus den schon erwähnten Gründen ein Güteranschlußgleis erhalten, das unter der dreigleisigen Bahn hindurchgeführt wird.

Die Höchststeigung auf der Strecke beträgt für die Personengleise 1 : 80, für das Gütergleis 1 : 63; der kleinste Krümmungshalbmesser ist mit 250 m hinter Bahnhof Ohlsdorf angewendet worden. Auf freier Strecke sind Gleiskrümmungen unter 300 m nicht vorhanden. Plankreuzungen wurden, wie bei der Walddörferbahn, grundsätzlich vermieden. Die Bahnhöfe und Haltestellen erhalten Mittelbahnsteige von 70 m ausnutzbarer Länge; die Bahnsteige sind auch hier mit 40 m langen Überdachungen versehen.

Den Betrieb auf den Personengleisen dürfte die Hochbahngesellschaft zu denselben Bedingungen wie auf der Walddörferbahn übernehmen. Für den Personenfahrplan ist eine Grundgeschwindigkeit von 50 km in der Stunde vorgesehen. Die Stromart, Betriebsspannung, Streckenausrüstung und Betriebsmittel werden unverändert von dem übrigen Hochbahnnetz übernommen. In Langenhorn ist ein Unterwerk einzurichten.

Die Personengleise der Hochbahn würden sich für den Verkehr von Eisenbahngüterwagen trotz des verschiedenen Lichtraumprofils der Hochbahnwagen und der Güterwagen mitbenutzen lassen, allerdings nur auf der freien Strecke. Um die Personenhaltestellen müßten die Gütergleise gesondert herumgeführt werden, da Leitungsschiene und Bahnsteige in die Umgrenzung des lichten Raumes der Eisenbahn hineinragen würden. Dieser Umstand führte zur Anlage eines besonderen Gütergleises zwischen Ohlsdorf und Langenhorn.

Das östlich neben den Personengleisen der Hochbahn verlaufende Gütergleis beginnt auf dem preußischen Güterbahnhof Ohlsdorf und legt sich dann zwischen die Hochbahn- und Staatsbahngleise. Die Übergabe der Güter an die preußische Eisenbahnverwaltung erfolgt auf dem an der Fuhlsbütteler Landstraße geschaffenen Güterbahnhof. Nach Überschreiten der Fuhlsbütteler Straße legt sich das Gleis in der Richtung Ohlsdorf—Langenhorn rechts neben die Langenhorner Schnellbahngleise und bleibt in dieser Lage bis zum Endbahnhof am Ochsenzoll. Auf der freien Strecke beträgt die Entfernung zwischen den Personengleisen 3,1 m, vom Personen- zum Gütergleis auf Dämmen 4 m, im Einschnitt, wegen der tieferen Lage des Gütergleises, und unter den Brücken 6,7 m.

Stromart, Betriebspannung und Streckenausrüstung des Gütergleises sind der der Blankenese-Ohlsdorfer Bahn gleich. Danach tritt der seltene Fall ein, daß auf dreigleisigem Bahnkörper die Züge auf zwei Gleisen mittels Gleichstrom, dritter Schiene und Triebwagen und auf dem dritten Gleis mittels hochgespanntem, einwelligem Wechselstrom, Oberleitung und elektrischen Lokomotiven gefahren werden. Ebenso wie der Schnellbetrieb wird auch der Güterverkehr durch die Hochbahngesellschaft besorgt werden.

Bei Niederschrift dieser Zeilen war der Unterbau der Langenhorner Bahn durchweg fertiggestellt, ebenso der Oberbau des Gütergleises einschließlich der Güterbahnhöfe. Auszuführen sind noch einige Hochbauten und der Oberbau für beide Personengleise.

Die Baukosten, einschließlich der Güterbahnhöfe und des Betriebsbahnhofes Ochsenzoll, der elektrischen Ausrüstung, Signale und Betriebsmittel werden sich auf 7,16 Mill. Mark belaufen; in dieser Summe sind die technischen Vorarbeiten und der Grunderwerb nicht eingerechnet. In Erwägung gezogen ist, die Bahn späterhin vom Bahnhof Ochsenzoll nach den preußischen Dörfern Garstedt, Tangstedt und Wakendorf zu verlängern. Sollte die Anschlußlinie von der Haltestelle Lattenkamp nach Großborstel gebaut werden, so ist es nicht ausgeschlossen, daß dereinst eine Schnellbahnverbindung von Großborstel auf hamburgischem Gebiet nach Ochsenzoll geschaffen wird.

Die Fahrpreise auf der Walddörferbahn und der Langenhorner Bahn werden dem auf der Hochbahn geltenden Tarife angepaßt werden müssen. An eine Verzinsung des Kapitals ist selbstverständlich auf lange Zeit nicht zu denken. Die Hamburger Hochbahn wird den Betrieb auf der Walddörferbahn und ebenso — soweit der Personenverkehr in Betracht kommt — auf der Langenhorner Bahn für Rechnung des hamburgischen Staates führen und den Güterverkehr auf der Langenhorner Bahn auf eigene Rechnung gegen eine Abgabe von 20 v. H. des Rohertrages übernehmen. Beide Bahnen werden auf Kosten des hamburgischen Staates gebaut. Die Betriebsmittel für dên Güterverkehr stellt die Gesellschaft. Um einen Teil der Baukosten zu decken, soll — wie bei der Walddörferbahn — der Grundbesitz herangezogen werden, dergestalt, daß er beim Verkauf von baureifem Gelände mit einer Steuer von 0,50 Mark für ein qm und beim Verkauf bebauter Grundstücke unter 1000 qm mit einer Steuer von 0,25 Mark für ein qm belastet wird; andernfalls darf der Steuerbetrag in Gestalt einer 30 jährigen Rente abgetragen werden.

Außer den in vorstehendem aufgeführten, im Bau befindlichen Erweiterungslinien wird geplant, das innerhamburgische Stadtschnellbahnnetz durch großzügige Erweiterungen leistungsfähiger zu gestalten, denn die Verkehrsentwicklung auf der Hochbahn läßt insbesondere eine baldige Überlastung der Ringlinie erwarten. Die Staatsbaubehörde und auch die Betriebsverwaltung der Hochbahn haben dem Vernehmen nach während der Kriegszeit dem Hamburger Senat bereits Vorschläge in dieser Richtung gemacht. Das von der Ringbahn umfaßte Stadtgebiet müßte folgerichtig von einigen Schnellbahnlinien durchschnitten werden. Mehrere Haltestellen des Hochbahnringes sind hierbei für den Anschlußbetrieb auszubauen. Insbesondere das Altstadtgebiet, das sich nach und nach immer mehr zur eigentlichen Stadtmitte entwickelt hat, fordert weiteren Schnellbahnanschluß. Der außerordentlich starke, stoßweise einsetzende Verkehr der Hafengebiete wird durch Anlage einer Freihafenbahn im Anschluß an die bestehende Hochbahn befriedigt werden müssen; die Personenbeförderung auf dem Wasserwege genügt bekanntlich bei weitem nicht mehr den riesigen Ansprüchen. Der kühn angelegte Fußgänger-Elbtunnel bei St. Pauli brachte nur eine teilweise Entlastung der Hafenverkehrsmittel. Der Rothenburgsorter Schnellbahnzweig wird später vielleicht bis Bergedorf zu verlängern sein, die geplante Bahn nach Gr. Borstel in der Hochbahnhaltestelle Lattenkamp Anschluß finden. Auf die zweckdienlichsten Erweiterungsmöglichkeiten des hamburgischen Schnellbahnnetzes näher einzugehen, wäre zurzeit verfrüht.

Ebenso wie der Weltkrieg die Bauarbeiten auf den nunmehr ihrer Vollendung entgegengehenden Erweiterungs-Außenstrecken ganz erheblich verzögert hat, dürften auch die Entwurfarbeiten für die weitere Ausgestaltung des innerstädtischen Schnellbahnnetzes in den letzten Jahren kaum gefördert worden sein. An ihrer Verwirklichung ist jedoch nicht zu zweifeln.

W. Miethke.

Die Berechnung von Schleusenböden nach der Elastizitätslehre.

Von A. Freund, Regierungsbaumeister.

A. Das rechnerische Verfahren.

I. Allgemeines.

Die Anschauung, daß der gewachsene Baugrund elastisch nachgiebig ist, führt zu einem exakten Verfahren, die Bodenpressungen unter der Sohle eines Bauwerks zu ermitteln. Unter Elastizität ist dabei die Eigenschaft des Baugrunds verstanden, sich innerhalb eines gewissen Bereichs im Verhältnis der örtlichen Belastung zusammendrücken zu lassen.

Seit den klassischen Arbeiten von Winkler, Schwedler und Zimmermann über die Theorie des einfachen prismatischen Stabes auf gleichförmiger elastischer Unterlage, die für die Bedürfnisse des Eisenbahnoberbaues einen gewissen Abschluß durch das Buch von Zimmermann über die Berechnung des Eisenbahnoberbaues gefunden haben, sind bis in die allerneueste Zeit mehrfach Ansätze gemacht worden, auch andere Gebiete der Theorie des Grundbaues einer rechnerischen Behandlung zu unterziehen. Es möge auf diese hier nicht genauer eingegangen werden. Es sei nur hervorgehoben, daß sich in der Praxis das Fehlen einer einwandfreien Berechnungsweise bisher am meisten auf dem Gebiet der Berechnung von Schleusenböden fühlbar gemacht hat. Als Notbehelf greift man zu willkürlichen, zwar sehr einfachen Annahmen, die aber weder der Elastizität des Baugrundes, noch der elastischen Formänderung des Bauwerkes selbst Rechnung tragen. Z. B. behilft sich Brennecke in seinem „Grundbau" (1906) je nach der Art der wahrscheinlichsten Bodendruckverteilung mit den beiden Annahmen, daß 1. der Bodengegendruck gleichmäßig verteilt, 2. nach einem Dreieck verteilt sei, dessen Spitze in der Sohlenmitte liegt. Die Anwendung derartiger Willkür erweckt berechtigtes Mißtrauen.

Nach dem Vorgange von Schwedler sei die Elastizität des Baugrundes durch eine Elastizitätsziffer E_0 (bei Schwedler: Bettungsziffer) ausgedrückt. In kg auf 1 cm^3 gemessen gibt E_0 an, mit wieviel Kilogramm 1 qcm des Bodens belastet werden muß, damit dieser sich um 1 cm zusammendrückt.

Wird ein gewichtsloser Stab von gleichförmigem Querschnitt auf gleichförmiger elastischer Unterlage durch Einzellasten beansprucht, so gilt für jede Strecke zwischen zwei Lastangriffspunkten eine elastische Linie, deren Gleichung die allgemeine Form hat:

$$y = (A \cdot e^{\varphi} + B \cdot e^{-\varphi}) \cdot \cos\varphi + (C \cdot e^{\varphi} + D \cdot e^{-\varphi}) \sin\varphi.$$

Hierin bedeuten A, B, C und D vier sog. Integrationsfestwerte, während $\varphi = x \cdot \sqrt[4]{\frac{E_0 \cdot b}{4EJ}} = x \cdot m \left(\text{also } m = \sqrt[4]{\frac{E_0 b}{4EJ}}\right)$ einen von der Lage des Querschnitts (x), von der Elastizitätsziffer E_0 des Baugrundes, der Breite b des untersuchten Querschnittstreifens, dem Elastizitätsmaß E des Baustoffes und dem Trägheitsmoment J des Querschnitts abhängigen veränderlichen Wert darstellt. Bezüglich der Ableitung der allgemeinen Gleichung sei auf das genannte Buch von Zimmermann über die Berechnung des Eisenbahnoberbaues verwiesen.

Schwedler und Zimmermann verwenden die vorstehende Gleichung der elastischen Linie für die Berechnung eines Stabes von unendlich großer Länge. Für die Behandlung von Stäben mit endlicher Länge ist die Gleichung in dieser Form aber nicht zu gebrauchen. Sie wird erst brauchbar, wenn man sie auf die Form bringt:

$$1)\quad y = A \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cdot \cos\varphi + B \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cdot \cos\varphi + C \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + D \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi.$$

Es ist leicht zu übersehen, daß sich die eine Form ohne weiteres in die andere verwandeln läßt.

Wird der Stab auf der betrachteten Strecke außerdem noch durch eine gleichmäßig verteilte Belastung g beansprucht, dann wird

$$1a)\quad y = \frac{g}{E_0} + A \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi + C \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + D \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi.$$

Während y die Einsenkung darstellt, ergibt sich die Bodenpressung der Flächeneinheit an der Stelle x zu

$$p = y \cdot E_0.$$

Ferner erhält man das Biegungsmoment M und die Scherkraft T mittels der Beziehungen

$$M = -EJ \cdot \frac{d^2y}{dx^2} \quad \text{und}$$

$$T = +EJ \cdot \frac{d^3y}{dx^3},$$

während die Tangente des Neigungswinkels der Einsenkungskurve durch

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{dy}{dx}$$

gegeben ist. Für alle weiteren Berechnungen ist somit folgende Gruppe von Gleichungen grundlegend:

I. Nur Einzellasten (an Stelle einer Einzellast kann auch ein Drehmoment gesetzt werden):

I.

a) Einsenkung: $y = A \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi + C \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + D \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi$

b) Bodendruck: $p = E_0 \{A \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi + C \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + D \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi\}$

c) Biegungsmoment: $M = 2m^2 \cdot EJ \{A \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi + B \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi - C \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi - D \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi\}$

d) Scherkraft: $T = -2m^3 \cdot EJ \left\{ A \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi \\ + \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi \end{pmatrix} + B \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi \\ + \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi \end{pmatrix} - C \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi \\ - \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi \end{pmatrix} - D \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi \\ - \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi \end{pmatrix} \right\}$

e) Neigungswinkel: $\operatorname{tg}\alpha = m \left\{ A \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi \\ - \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi \end{pmatrix} + B \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi \\ - \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi \end{pmatrix} + C \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi \\ + \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi \end{pmatrix} + D \cdot \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi \\ + \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi \end{pmatrix} \right\}.$

II. Streckenweise gleichmäßige Belastung g:

Ia.

a) Einsenkung: $y = \frac{g}{E_0} + A \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi + C \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + D \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi$

b) Bodendruck: $p = g + E_0 \{A \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi + C \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + D \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi\}$

c) bis e): wie vor.

Wählt man den Anfangspunkt der Abszissen x so, daß für gleiche positive und negative Werte von x die gleichen Werte von y vorhanden sind, was symmetrische Belastung beiderseits des Abszissen-Anfangspunktes voraussetzt, ferner so, daß in ihm keine Einzellast angreift, dann ergibt sich aus den Bedingungen, daß für $x=0$ sowohl $\frac{dy}{dx}=0$ als $T=0$ sein muß, daß $B=C=0$ wird.

Für den Symmetriefall lauten daher die Grundgleichungen für Einzellasten vereinfacht:

II.
a) Einsenkung: $y=A\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi+D\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi$.
b) Bodendruck: $p=E_0\{A\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi+D\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi\}$.
c) Biegungsmoment:
$$M=2m^2\cdot EJ\{A\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi-D\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi\}.$$
d) Scherkraft:
$$T=-2m^3\cdot EJ\cdot\left\{A\cdot\begin{pmatrix}\mathfrak{Cof}\,\varphi\sin\varphi\\+\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi\end{pmatrix}+D\cdot\begin{pmatrix}\mathfrak{Cof}\,\varphi\sin\varphi\\-\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi\end{pmatrix}\right\}.$$
e) Neigungswinkel:
$$\operatorname{tg}\alpha=m\left\{A\cdot\begin{pmatrix}\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi\\-\mathfrak{Cof}\,\varphi\sin\varphi\end{pmatrix}+D\cdot\begin{pmatrix}\mathfrak{Cof}\,\varphi\sin\varphi\\+\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi\end{pmatrix}\right\}.$$

oder bei gleichmäßig verteilter Belastung g:

IIa.
a) Einsenkung: $y=\frac{g}{E_0}+A\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi+D\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi$.
b) Bodendruck:
$$p=g+E_0\cdot\{A\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi+D\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi\}.$$
c) bis e) wie vor.

II. Die Theorie des offenen Steifrahmens auf gleichförmiger elastischer Unterlage.

Sind die Wände einer Schleuse oder eines Trockendocks miteinander fest verbunden, so bilden sie einen offenen Steifrahmen, der auf gleichförmiger elastischer Unterlage ruht. Zur statischen Untersuchung eines solchen einfachen Steifrahmens sollen nun die im vorangegangenen Abschnitt gewonnenen Gleichungen verwandt werden.

Vorausgeschickt sei, daß es in dieser Abhandlung nicht darauf ankommen soll, diejenigen Unterschiede in der Art der Auffassung eines Schleusenquerschnitts zu untersuchen, die durch die Art der Bauausführung bedingt werden. Vielmehr beschränkt Verfasser sich in diesem Aufsatz auf die Herleitung der allgemeinen Theorie. Die eingehendere Behandlung der praktischen Anwendungsgebiete bleibt einem späteren Aufsatz vorbehalten.

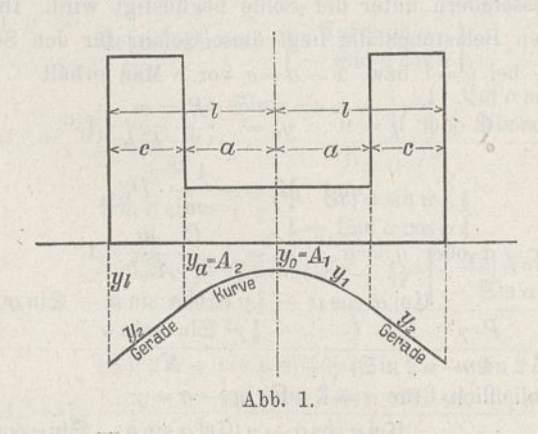


Abb. 1.

Der offene Steifrahmen (Abb. 1) soll als ein gewichtsloser Stab definiert werden, der auf der Sohlenstrecke a einen gleichförmigen, endlichen Querschnitt mit dem Trägheitsmoment J, auf den Wandstrecken c dagegen ein sehr großes Trägheitsmoment J' besitzt, das mit genügender Annäherung als unendlich groß betrachtet werden kann. Diese Annahme führt zu dem Schluß, daß die Einsenkungs-, also auch die Bodendrucklinie auf den Wandstrecken c nach einer Geraden verlaufen muß. Die Gleichung dieser Geraden (Abb. 1) sei dargestellt in der Form

$$2)\quad y_2=A_2+B_2(x-a)=A_2+\frac{B_2}{m}(\varphi-\alpha),$$

wenn mit α der Sonderwert von φ für $x=a$ bezeichnet wird. Für die Sohlenstrecke a gilt die allgemeine Gleichung von der Form

$$y_1=A_1\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi+B_1\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi+C_1\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\sin\varphi+D_1\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi\left(+\frac{g}{E_0}\right).$$

Es sind daher im allgemeinen bei den im folgenden behandelten einfachen Belastungsfällen und bei symmetrischem Schleusenquerschnitt sechs Festwerte zu bestimmen. In dem oben beschriebenen Symmetriefall — wobei in der Sohlenmitte keine Einzellast angreifen darf — verringert sich deren Zahl auf vier. Der Festwert A_2 stellt, wie aus der Gleichung für y_2 hervorgeht, den gemeinschaftlichen Wert von y_1 und y_2 für $x=a$ vor.

Es mögen nun die Festwerte für diejenigen Belastungsfälle berechnet werden, die für die statische Untersuchung einer Schleuse oder eines Trockendocks in Frage kommen.

1. Einzellast P in der Mitte.

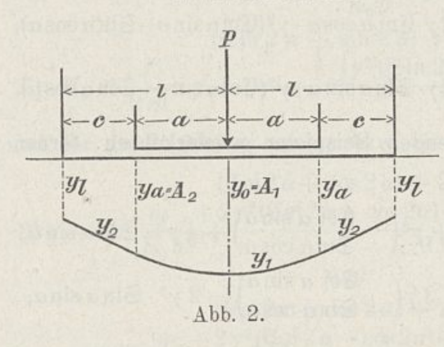


Abb. 2.

Die Belastung durch eine Einzellast P in der Mitte (Abb. 2) entspricht der Kiellast eines gedockten Schiffes. Den vorausgeschickten Ausführungen gemäß lautet die Gleichung der Senkungskurve auf der Sohlenstrecke a:

$$1)\quad y_1=A_1\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi+B_1\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi+C_1\cdot\mathfrak{Cof}\,\varphi\sin\varphi+D_1\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi$$

auf den Wandstrecken c:

$$2)\quad\ldots\quad y_2=A_2+\frac{B_2}{m}(\varphi-\alpha).$$

Für die Bildung der Momente und Scherkräfte ist die Gruppe I anzuwenden. Für die Bestimmung der sechs Festwerte besitzt man folgende sechs Bedingungungen. Es muß sein:

1. für $x=0$ $\quad\frac{dy_1}{dx}=0.$
2. für $x=0$ $\quad T=+\frac{P}{2}.$
3. für $x=a$ $\quad y_1=y_2.$
4. für $x=a$ $\quad\frac{dy_1}{dx}=\frac{dy_2}{dx}.$
5. für $x=a$ $\quad M_a=-EJ\cdot\frac{d^2y_1}{dx^2}=E_0 b\cdot\left(A_2\frac{c^2}{2}+B_2\cdot\frac{c^3}{3}\right).$
6. für $x=a$ $\quad T_a=+EJ\cdot\frac{d^3y_1}{dx^3}=E_0 b\cdot\left(A_2\cdot c+B_2\cdot\frac{c^2}{2}\right).$

Zunächst ergeben sich mit Hilfe der Bedingungen 1 und 2, wenn man diese in die Ableitungen der Gleichung von y_1 in Gruppe I einführt, die Werte der Konstanten

$$B_1 = -\frac{P \cdot m}{2 E_0 b} \text{ und } C_1 = +\frac{P \cdot m}{2 E_0 b}.$$

Es sei hierbei daran erinnert, daß $m = \sqrt{\frac{E_0 b}{4 E J}}$ ist.

Die Gleichung von y_1 wird dadurch auf die einfachere Form

$$3) \quad y_1 = A_1 \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + D_1 \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi + \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} (\mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi - \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi)$$

gebracht. Entsprechend einfacher gestalten sich auch die andern Gleichungen der Gruppe I. Aus diesen vereinfachten Gleichungen und den Bedingungen 3 bis 6 erhält man nunmehr vier Gleichungen, aus denen die vier unbekannten Festwerte A_1, D_1, A_2 und B_2 ohne besondere Schwierigkeiten zu berechnen sind. Zur Erleichterung der Nachprüfung sei angegeben, daß es vor allem darauf ankommt, die zunächst etwas verwickelten kombinierten hyperbolisch-trigonometrischen Funktionen auf einfache Formen zu bringen. Mit einiger Übung gelingt dies sehr schnell. Es empfiehlt sich, zunächst A_1 und D_1 zu berechnen. Setzt man $\gamma = m \cdot c$ und führt man zur Vereinfachung des Schreibwerks die folgenden Abkürzungen ein:

III.
$$\begin{cases} 1.\; n = \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha - \gamma^2 \cdot \mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha + \frac{2}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha), \\ 2.\; o = \mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha + \gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \frac{2}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha), \\ 3.\; p = \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{pmatrix} + 2\gamma \cdot \mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha), \\ 4.\; q = \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{pmatrix} + 2\gamma \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha), \end{cases}$$

die auch in allen folgenden Beispielen wiederkehren, ferner die Abkürzungen

IIIa.
$$\begin{cases} 5.\; r = \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{pmatrix} + \gamma^2 \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{pmatrix} + \frac{4}{3}\gamma^3 \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha, \\ 6.\; s = 2\,\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - 2\gamma \begin{pmatrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{pmatrix} - 2\gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha, \end{cases}$$

die nur dem vorliegenden besonderen Belastungsfall zu eigen sind, so gelangt man zu Ausdrücken folgender Form:

$$A_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot \frac{s \cdot o + r \cdot q}{o \cdot p + n \cdot q} \text{ und } D_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot \frac{s \cdot n - r \cdot p}{o \cdot p + n \cdot q}.$$

Beide Ausdrücke besitzen den gleichen Nenner. Da dieser auch in sämtlichen andern Festwert-Ausdrücken vorkommt, wie sich weiter unten zeigen wird, so sei für ihn die Abkürzung N eingeführt. Es ist also

$$N = o \cdot p + n \cdot q.$$

Durch Einsetzen der Werte aus der Gruppe III und Multiplikation erhält man nach den nötigen Umformungen

$$4) \quad N = (\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{6}\gamma^4)(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) + \gamma (\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2 (\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \tfrac{2}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha).$$

Ferner empfiehlt es sich,

$$A_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_1' \text{ und } D_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot D_1'$$

zu setzen. Dann ist

$$A_1' = \frac{s \cdot o + r \cdot q}{N} \text{ und } D_1' = \frac{s \cdot n - r \cdot p}{N}.$$

Durch Ausrechnung ergibt sich

IVa.
$$A_1' = \frac{(1 - \frac{1}{3}\gamma^4) + (\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\gamma^4)(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma (\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha) + \frac{2}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}.$$

$$D_1' = \frac{(\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\gamma^4)(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha) + \gamma (\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) + \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{2}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}.$$

Nunmehr erhält man ohne Schwierigkeiten auch A_2 und B_2. Setzt man wieder

$$A_2 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_2' \text{ und } B_2 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot B_2',$$

dann wird

$$A_2' = 2 \cdot \frac{\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha + \gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \frac{2}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N}$$

und

$$\frac{B_2'}{m} = 2 \cdot \frac{(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + 2\gamma \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N}.$$

Mit den soeben gewonnenen Ausdrücken lautet die Gruppe der Gleichungen für die Einsenkungs-, Bodendruck- und Momentenlinien für den vorliegenden Belastungsfall:

IVb.

a) Einsenkung:

$$y_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} (A_1' \,\mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + D_1' \,\mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi + [\mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi - \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi])$$

$$y_2 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \left(A_2' + \frac{B_2'}{m} (\varphi - \alpha) \right).$$

b) Bodendruck:

$$p_1 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{b} (A_1' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + D_1' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi + [\mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi - \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi])$$

$$p_2 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{b} \left(A_2' + \frac{B_2'}{m} (\varphi - \alpha) \right).$$

c) Moment:

$$M_1 = \frac{P}{4m} (A_1' \,\mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi - D_1' \,\mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + [\mathfrak{Cof}\,\varphi \sin\varphi + \mathfrak{Sin}\,\varphi \cos\varphi]).$$

Berechnung besonderer Werte.

Wie sich durch einfache Überlegung ergibt, sind die Werte der Einsenkung, des Bodendrucks und des Biegungsmoments für die Sohlenmitte, die Stelle $x = a$ und die Stelle $x = l$ für die statische Untersuchung von besonderer Wichtigkeit. In der Sohlenmitte werden die Einsenkung und der Bodendruck, sowie das Biegungsmoment ihren Größtwert haben. Ferner muß die Forderung gestellt werden, daß die Einsenkung an keiner Stelle $\leqq 0$ wird, da sonst die Bildung von Wasseradern unter der Sohle begünstigt wird. Im vorliegenden Belastungsfalle liegt diese Gefahr für den Sonderwert y_l bei $x = l$ bzw. $x - a = c$ vor. Man erhält

für $x = 0$ oder $\varphi = 0$ $\quad y_0 = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_1'$

und $M_0 = -\frac{4P}{m} \cdot D_1'$,

für $x = a$ oder $\varphi = \alpha$ $\quad y_a = \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_2'$

$$5) \quad M_a = \frac{P \cdot \gamma^2}{4m} \cdot \frac{\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \frac{2}{3}\gamma (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) - \frac{1}{3}\gamma^2 \,\mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha}{N}$$

und schließlich für $x = l$ oder $\varphi - \alpha = \gamma$

$$6) \quad y_l = P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot \frac{\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \gamma (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) - \gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha - \frac{1}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N}$$

$$M_l = 0.$$

2. Zwei gleiche Endlasten P.

Beim Schleusenquerschnitt wird die Belastung durch zwei gleich große Lasten an den Enden hervorgerufen durch die lotrechte Seitenkraft des Erddrucks auf die Seitenwände.

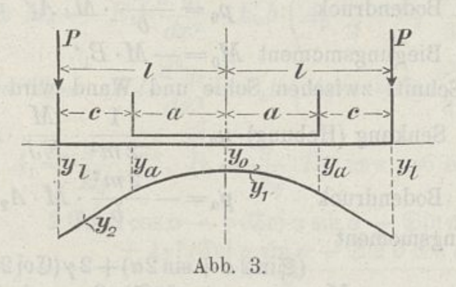


Abb. 3.

Für diese Belastungsart (Abb. 3) liegt der oben erwähnte Symmetriefall vor, so daß nach Gruppe II die Gleichung der Einsenkungskurve auf der Sohlenstrecke a lautet:

$$y_1 = A_1\, \mathfrak{Cof}\, \varphi \cos\varphi + B_1 \cdot \mathfrak{Sin}\, \varphi \sin\varphi;$$

für die Wandstrecke c ist wiederum $y_2 = A_2 + \frac{B_2}{m}(\varphi - \alpha)$.

Mit Hilfe der vier Bedingungen, daß

1) für $x = a \quad y_1 = y_2$,

2) „ $x = a \quad \frac{dy_1}{dx} = \frac{dy_2}{dx}$,

3) „ $x = a \quad M_a = -EJ \cdot \frac{d^2 y_1}{dx^2} = E_0 \cdot b \cdot \left(A_2 \cdot \frac{c^2}{2} + B_2 \cdot \frac{c^3}{3}\right) - P \cdot c$,

4) „ $x = a \quad T_a = +EJ \cdot \frac{d^3 y_1}{dx^3} = E_0 \cdot b \cdot \left(A_2 \cdot c + B_2 \cdot \frac{c^2}{2}\right) - P$

sein muß, kommt man auf vier Gleichungen mit vier Unbekannten, bezüglich deren Behandlung auf die Ausführungen im vorigen Abschnitt verwiesen werden kann. Unter Anwendung der in Gruppe III zusammengestellten Abkürzungen erhält man zunächst

$$A_1 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot \frac{o - \gamma \cdot q}{N} \quad \text{und} \quad B_1 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot \frac{n + \gamma \cdot q}{N}.$$

Setzt man

$$A_1 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_1', \quad B_1 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot B_1', \quad A_2 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_2'$$

$$\text{und} \quad \frac{B_2}{m} = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot \frac{B_2'}{m},$$

dann ergibt sich:

Va.

$$A_1' = \frac{\mathfrak{Cof}\, \alpha \cos\alpha - \gamma \cdot \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\alpha \\ - \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\} - \gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\, \alpha \sin\alpha - \frac{1}{3}\gamma^3 \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\alpha \\ + \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\}}{N}$$

$$B_1' = \frac{\mathfrak{Sin}\, \alpha \sin\alpha + \gamma \cdot \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\alpha \\ + \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\} + \gamma^2 \cdot \mathfrak{Cof}\, \alpha \cos\alpha - \frac{1}{3}\gamma^3 \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\alpha \\ - \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\}}{N}$$

$$A_2' = \frac{1}{2} \cdot \frac{(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha) - \frac{1}{3}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}$$

$$\frac{B_2'}{m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha - \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}$$

Die für die statische Untersuchung erforderliche Gleichungsgruppe lautet nunmehr:

Vb.

a) Einsenkung:

$$y_1 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b}(A_1' \cdot \mathfrak{Cof}\, \varphi \cos\varphi + B_1' \cdot \mathfrak{Sin}\, \varphi \sin\varphi)$$

$$y_2 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b}\left(A_2' + \frac{B_2'}{m}(\varphi - \alpha)\right).$$

b) Bodendruck:

$$p_1 = 2P \cdot \frac{m}{b}(A_1' \cdot \mathfrak{Cof}\, \varphi \cos\varphi + B_1' \cdot \mathfrak{Sin}\, \varphi \sin\varphi)$$

$$p_2 = 2P \cdot \frac{m}{b}\left(A_2' + \frac{B_2'}{m}(\varphi - \alpha)\right).$$

c) Moment:

$$M_1 = \frac{P}{m}(A_1' \cdot \mathfrak{Sin}\, \varphi \sin\varphi - B_1' \cdot \mathfrak{Cof}\, \varphi \cos\varphi).$$

Berechnung besonderer Werte.

Einsenkung und Bodendruck sind an den Enden ($x = l$) am größten und dürfen hier das zulässige Maß nicht überschreiten. Anderseits muß dafür Sorge getragen werden, daß in der Sohlenmitte kein Abheben des Bauwerks vom Untergrund stattfindet. Das Biegungsmoment erreicht in der Sohlenmitte seinen Größtwert, da hier $T = 0$ ist.

Es ist für $x = 0 \quad y_0 = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_1'$ und $p_0 = 2P \cdot \frac{m}{b} \cdot A_1'$,

$$M_0 = -\frac{P}{m} \cdot B_1',$$

für $x = a \quad y_a = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \cdot A_2'$ und $p_a = 2P \cdot \frac{m}{b} \cdot A_2'$,

$$7) \quad M_a = \frac{P}{2m} \cdot \gamma \frac{(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha) + \gamma(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{1}{3}\gamma^2(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}$$

und für $x = l$ oder $x - a = c$ bzw. $\varphi - \alpha = \gamma$ wird

$$8) \quad y_l = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \frac{(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha + \cos 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma^2(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha - \cos 2\alpha) + \frac{2}{3}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha)}{2N}$$

und

$$8a) \quad p_l = 2P \cdot \frac{m}{b} \frac{(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha + \cos 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma^2(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha - \cos 2\alpha) + \frac{2}{3}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha)}{2N}$$

Gegenseitigkeit der Senkungen.

Vergleicht man den soeben abgeleiteten Wert von y_0 mit dem Wert von y_l des vorhergehenden Belastungsfalles, so zeigt sich, daß eine Gegenseitigkeit der Senkungen besteht. Es ist nämlich die Senkung in der Mitte infolge einer Belastung durch zwei gleich große Lasten P ebenso groß wie die Senkung an den Enden infolge der Belastung durch eine in der Sohlenmitte angreifende Doppellast $2P$. Beidemal ist nämlich

$$y = 2P \cdot \frac{m}{E_0 b} \frac{\mathfrak{Cof}\, \alpha \cos\alpha - \gamma \cdot \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\alpha \\ - \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\} - \gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\, \alpha \sin\alpha - \frac{1}{3}\gamma^3 \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\alpha \\ + \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\}}{N}$$

3. Zwei gleich große entgegengestzt drehende Momente M an den Enden.

Die auf die Seitenwände einwirkenden wagerechten Kräfte — Erd- und Wasserdruck — übertragen sich auf

den Schleusenboden als an den Enden angreifende Momente. Wie im vorigen Belastungsfall ist

$$y_1 = A_1 \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B_1 \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi$$

$$y_2 = A_2 + \frac{B_2}{m}(\varphi - \alpha).$$

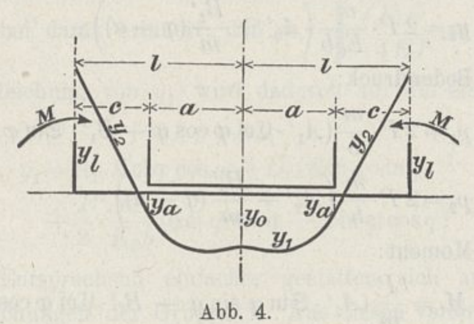


Abb. 4.

Zur Ermittlung der vier Festwerte dienen folgende vier Bedingungen (Abb. 4):

1) Für $x = a \quad y_1 = y_2$,

2) „ $x = a \quad \frac{dy_1}{dx} = \frac{dy_2}{dx}$,

3) „ $x = a \quad M_a = -EJ \cdot \frac{d^2 y_1}{dx^2} = M + E_0 b \cdot \left(A_2 \cdot \frac{c^2}{2} + B_2 \cdot \frac{c^3}{3}\right)$

4) „ $x = a \quad T_a = +EJ \cdot \frac{d^3 y_1}{dx^3} = E_0 b \cdot \left(A_2 \cdot c + B_2 \cdot \frac{c^2}{2}\right)$.

Man erhält zunächst

$$A_1 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot \frac{q}{N} \quad \text{und} \quad B_1 = -\frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot \frac{p}{N}.$$

Setzt man $A_1 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot A_1'$, $B_1 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot B_1'$,

$$A_2 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot A_2', \quad \frac{B_2}{m} = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot \frac{B_2'}{m},$$

dann ergibt sich

$$\text{VIa.}\begin{cases} A_1' = \dfrac{(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + 2\gamma\, \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\alpha)}{N} \\[2ex] -B_1' = \dfrac{(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + 2\gamma\, \mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\alpha)}{N} \\[2ex] -A_2' = \frac{1}{2} \cdot \dfrac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) - \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} \\[2ex] -\dfrac{B_2'}{m} = \dfrac{(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha) + \gamma\,(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \mathfrak{Sin}\,2\alpha)}{N}. \end{cases}$$

Man kann nun als Gruppe der Gleichungen der Senkungs-usw.-Kurven schreiben:

VIb.

a) Einsenkung:

$$y_1 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ}(A_1' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B_1' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi)$$

$$y_2 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot \left(A_2' + \frac{B_2'}{m} \cdot (\varphi - \alpha)\right).$$

b) Bodendruck:

$$p_1 = \frac{2m^2}{b} \cdot M\,(A_1' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B_1' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi)$$

$$p_2 = \frac{2m^2}{b} \cdot M\left(A_2' + \frac{B_2'}{m} \cdot (\varphi - \alpha)\right).$$

c) Moment:

$$M_1 = M(A_1' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi - B_1' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi).$$

Berechnung besonderer Werte.

Für die Mitte wird mit $\varphi = 0$

die Senkung $y_0 = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot A_1'$,

der Bodendruck $p_0 = \frac{2m^2}{b} \cdot M \cdot A_1'$ und

das Biegungsmoment $M_0 = -M \cdot B_1'$.

Für den Schnitt zwischen Sohle und Wand wird mit $\varphi = \alpha$

die Senkung (Hebung) $y_a = -\frac{1}{2m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot A_2'$,

der Bodendruck $p_a = -\frac{2m^2}{b} \cdot M \cdot A_2'$ und

das Biegungsmoment

$$9)\ \ldots\ M_a = \frac{M}{2} \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}$$

Am Endpunkte des Querschnitts findet bei positivem Moment M eine Hebung

$$10)\ y_l = -\frac{1}{4m^2} \cdot \frac{M}{EJ} \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}$$

statt bzw. die Bodenzerrung

$$10a)\ p_l = -\frac{m^2}{b} \cdot M \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}$$

Gegenseitigkeit der Senkungen und Verdrehungen.

Wird der Querschnitt durch eine Doppellast $P = 2$ t in der Mitte beansprucht, so ist die Verdrehung der Enden $\operatorname{tg}\alpha = \frac{dy_2}{dx} = B_2$, also nach den für diesen (ersten) Belastungsfall abgeleiteten Ausdrücken für die Festwerte (vgl. Gruppe IVa):

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2m^2}{E_0 b} \cdot \frac{(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + 2\gamma \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma^2(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N}.$$

Da $\frac{2m^2}{E_0 b} = \frac{1}{2m^2} \cdot \frac{1}{EJ}$ ist, so stimmt der Ausdruck für $\operatorname{tg}\alpha$ überein mit dem soeben hergeleiteten Ausdruck für die Senkung y_0 in der Mitte, wenn die Momente $M = 1$ tm an den Enden angreifen. Ferner läßt sich beweisen, daß die Hebung der Enden infolge $M = 1$ tm ebenso groß ist wie die Verdrehung der Enden, wenn zwei Endlasten $P = 1$ t (zweiter Belastungsfall) angreifen.

4. Gleichmäßig verteilte Belastung g auf den Wandstrecken.

Das Eigengewicht der Seitenwände wird man im allgemeinen als gleichmäßig auf die Wandstrecken c verteilte

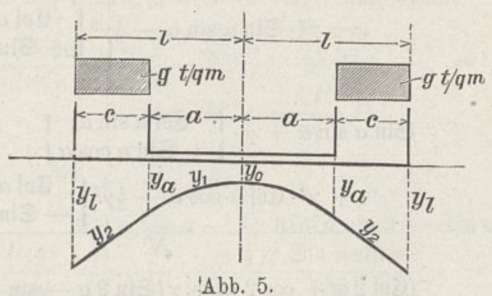


Abb. 5.

Belastung annehmen. Die Grundgleichungen für die Senkungskurve lauten wiederum

$$y_1 = A_1 \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi + B_1 \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi,$$

$$y_2 = A_2 + \frac{B_2}{m}(\varphi - \alpha).$$

Als Bedingungen zur Bestimmung der vier Festwerte stehen zur Verfügung (Abb. 5):

1) Für $x=a$ $y_1 = y_2$,

2 „ $x=a$ $\frac{dy_1}{dx} = \frac{dy_2}{dx}$,

3) „ $x=a$ $M_a = -EJ \cdot \frac{d^2 y_1}{dx^2} = E_0 b \cdot \left(A_2 \cdot \frac{c^2}{2} + B_2 \cdot \frac{c^3}{3}\right) - g \cdot b \cdot \frac{c^2}{2}$

4) „ $x=a$ $T_a = EJ \cdot \frac{d^3 y_1}{dx^3} = E_0 b \cdot \left(A_2 \cdot c + B_2 \cdot \frac{c^2}{2}\right) - g \cdot b \cdot c.$

Setzt man $A_1 = \frac{g}{E_0} \cdot A_1{}'$, $B_1 = \frac{g}{E_0} \cdot B_1{}'$ usw., so erhält man

$$\text{VIIa.} \begin{cases} A_1{}' = \gamma \cdot \dfrac{2\,\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \gamma(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\alpha) + \frac{1}{3}\gamma^3(\mathfrak{Cof}\,\alpha\sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\alpha)}{N} \\ B_1{}' = \gamma \cdot \dfrac{2\,\mathfrak{Sin}\,\alpha\sin\alpha + \gamma(\mathfrak{Cof}\,\alpha\sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\alpha) + \frac{1}{3}\gamma^3(\mathfrak{Cof}\,\alpha\sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\alpha)}{N} \\ A_2{}' = \gamma \cdot \dfrac{(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{1}{2}\gamma(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \frac{1}{6}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} \\ \dfrac{B_2{}'}{m} = \gamma \cdot \dfrac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \gamma(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha)}{N}. \end{cases}$$

Mit diesen Festwerten lauten die Gleichungen der Senkungs-usw.-Kurven:

$$\text{VIIb.} \begin{cases} \text{a) Einsenkung:} \\ y_1 = \frac{g}{E_0}(A_1{}' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi + B_1{}' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi) \\ y_2 = \frac{g}{E_0}\left(A_2{}' + \frac{B_2{}'}{m}(\varphi - \alpha)\right) \\ \text{b) Bodendruck:} \\ p_1 = g\,(A_1{}' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi + B_1{}' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi) \\ p_2 = g\left(A_2{}' + \frac{B_2{}'}{m}(\varphi - \alpha)\right) \\ \text{c) Moment:} \\ M_1 = \frac{g \cdot b}{2m^2}(A_1{}' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi - B_1{}' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi). \end{cases}$$

Berechnung besonderer Werte.

Für die Mitte wird mit $\varphi = 0$ $y_0 = \frac{g}{E_0} \cdot A_1{}'$, $p_0 = g \cdot A_1{}'$

und $M_0 = -\frac{g \cdot b}{2m^2} \cdot B_1{}'$.

Für den Punkt $x = a\,(\varphi = \alpha)$ wird $y_a = \frac{g}{E_0} \cdot A_2{}'$, $p_a = g \cdot A_2{}'$ und

$$11)\quad M_a = -g \cdot b \cdot \frac{c^2}{12} \frac{3(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) - \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}.$$

Für den Endpunkt $x = l\,(\varphi - \alpha = \gamma)$ erhält man die Senkung

$$12)\quad y_l = \frac{g}{E_0} \cdot \gamma \cdot \frac{(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{3}{2}\gamma(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2a) + \frac{1}{6}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}.$$

12a) und den Bodendruck $p_l = y_l \cdot E_0$.

5. Gleichmäßig verteilte Belastung g auf der Sohlenstrecke.

Das Eigengewicht der Sohle und das Gewicht der Wasserfüllung, abzüglich des Auftriebs, rufen eine gleichmäßig verteilte Belastung g auf der Sohlenstrecke a hervor.

Die Grundgleichungen der Senkungskurve lauten (vgl. Gruppe IIa):

$$y_1 = \frac{g}{E_0} + A_1 \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi + B_1 \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi,$$

$$y_2 = A_2 + \frac{B_2}{m}(\varphi - \alpha).$$

Da sich die Belastung auf der Sohlenstrecke a (Abb. 6) mit derjenigen auf den Wandstrecken c zur vollen Belastung

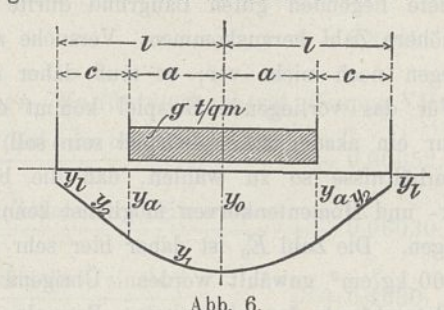


Abb. 6.

ergänzt und hierbei die Einsenkung eine gleichmäßige, nämlich $y = \frac{g}{E_0}$, sowie das Moment überall Null ist, so kann man alle Gleichungen aus denen des vorigen Belastungsfalles ohne weiteres ableiten. Die Gruppe VIIa der vier Festwerte bleibt unverändert. An die Stelle der Gruppe VIIb treten die folgenden Gleichungen:

$$\text{VIII.} \begin{cases} \text{a) Einsenkung:} \\ y_1 = \frac{g}{E_0}(1 - A_1{}' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi - B_1{}' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi) \\ y_2 = \frac{g}{E_0}\left(1 - A_2{}' - \frac{B_2{}'}{m}(\varphi - \alpha)\right). \\ \text{b) Bodendruck:} \\ p_1 = g\,(1 - A_1{}' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi - B_1{}' \cdot \mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi) \\ p_2 = g\left(1 - A_2{}' - \frac{B_2{}'}{m}(\varphi - \alpha)\right). \\ \text{c) Moment:} \\ M_1 = -\frac{g \cdot b}{2m^2}(A_1{}' \,\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi - B_1{}' \cdot \mathfrak{Cof}\,\varphi\cos\varphi). \end{cases}$$

Auch die besonderen Werte ergeben sich unmittelbar aus denen des vorigen Falls, so daß deren Behandlung sich erübrigt.

Der nunmehr gewonnene Schatz an Formeln und Gleichungen ermöglicht die Berechnung von symmetrischen und symmetrisch belasteten Schleusenquerschnitten. Unsymmetrische Fälle kommen selten vor; auf ihre Behandlung möge hier nicht eingegangen werden.

III. Zahlenbeispiel einer Schleusenberechnung.

Die Berechnung einer Schleuse als offener Steifrahmen auf elastisch nachgiebiger Unterlage soll nun durch ein Zahlenbeispiel erläutert werden. Es sei aber betont, daß es sich um ein rein akademisches Beispiel handeln soll, bei dem es zunächst darauf ankommt, in möglichst einfacher Weise den Berechnungsgang vor Augen zu führen. Die Rücksichten auf die Art der Bauausführung, auf die durch die Forderungen des Schleusenbetriebs und andere Umstände hervorgerufenen Abweichungen des Schleusenquerschnitts von dem hier zugrunde gelegten einfachen Kastenquerschnitt, die Fragen der wirtschaftlich günstigsten Bemessung würden zu Erörterungen führen, die an dieser Stelle leicht verwirrend wirken würden, wo es sich um die erstmalige Einführung der neuen Theorie

handelt. Das praktische Anwendungsgebiet soll in einem späteren Aufsatz behandelt werden.

Beim Eintritt in die praktische Anwendung der Theorie wirft sich zunächst die Frage auf, wie hoch die Elastizitätsziffer E_0 des Baugrunds zu wählen ist. Die Bettungsziffer für Kies- und Schotterstoffe des Eisenbahnoberbaues ist zwischen 3 und 15 kg/cm³ gemessen worden. Für einen in größerer Tiefe liegenden guten Baugrund dürfte aber eine erheblich höhere Zahl herauskommen. Versuche auf diesem Gebiete liegen noch nicht vor; es muß daher abgewartet werden. Für das vorliegende Beispiel kommt es — weil es eben nur ein akademisches Beispiel sein soll — darauf an, die Verhältnisse so zu wählen, daß die berechneten Bodendruck- und Momentenkurven möglichst kennzeichnende Formen zeigen. Die Zahl E_0 ist daher hier sehr hoch, und zwar = 1000 kg/cm³ gewählt worden. Übrigens zeigt die genauere Betrachtung der abgeleiteten Formeln, daß eine sehr genaue Kenntnis des Wertes E_0 durchaus nicht erforderlich ist. In den Ausdrücken für den Bodendruck und das Biegungsmoment erscheint E_0 nur unter der vierten Wurzel der Funktion m; irrt man sich bei E_0 um 100 vH., so ist der Fehler bei m nur $100\left(\sqrt[4]{2}-1\right) = \backsim 20$ vH., also für die bei statischen Untersuchungen im Grundbau erforderliche Genauigkeit des Endergebnisses unerheblich.

Ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Anwendung der exakten Theorie ist eine Tafel der Hyperbelfunktionen und ihrer Logarithmen. Eine solche ist im Verlage von W Ernst u. Sohn in Berlin erschienen (Tafeln der Hyperbel- und Kreisfunktionen von Ligowski). Mit der Einführung der vorliegenden Theorie der Schleusenberechnung in die Praxis wird eine Erweiterung der Tafeln von Ligowski erwünscht sein.

Die Berechnung selbst zerfällt in drei Teile, nämlich

1. die Ermittlung der von der Belastung unabhängigen Größen,
2. die Ermittlung der äußeren Kräfte und
3. die Berechnung der Ordinaten der Bodendruck- und Momentenkurven.

1. Die Ermittlung der von der Belastung unabhängigen Größen.

Von der Belastung unabhängig und lediglich durch die Abmessungen des gewählten Querschnitts bedingt sind die Größen m, α, γ und die übrigen Funktionswerte der Funktion φ, sowie die für jeden Belastungsfall anders lautenden Festwerte A_1', B_1', A_2' und B_2'. Die Abmessungen des Schleusenquerschnitts sind aus Abb. 7 ersichtlich. Die Elastizitätszahl E des Baustoffs sei (Beton) = 200000 kg/qcm, die Elastizitätszahl E_0 des Baugrunds, wie oben erläutert, = 1000 kg/cm³ gewählt.

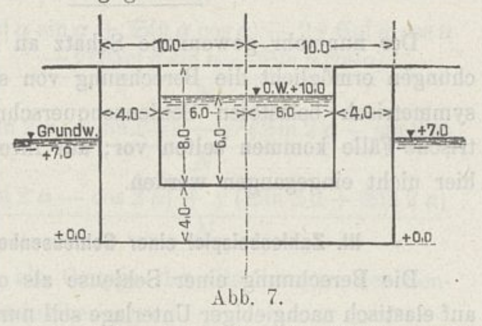


Abb. 7.

Die Ausdehnung des untersuchten Körpers in der Richtung der Längsachse der Schleuse ist zu $b = 100$ cm angenommen. Daher wird

$$m = \sqrt[4]{\frac{E_0 \cdot b}{4 E \cdot J}} = \sqrt[4]{\frac{1000 \cdot 100}{4 \cdot 200000 \cdot \frac{400^3 \cdot 100}{12}}} = 0{,}0039\,127.$$

Die Abszissen x sind in Abständen von 1,0 m gewählt. Die entsprechenden Werte $\varphi = m \cdot x$ sind in Spalte 2 der nachfolgenden Tabelle 1 enthalten. Insbesondere ist

für $x = a = 600$ cm

$\varphi = \alpha = 600 \cdot 0{,}0039127 = 2{,}3476$ und für $x = l$ oder

für $x - a = c = 400$ cm

$\varphi - \alpha = \gamma = 400 \cdot 0{,}0039\,127 = 1{,}5651.$

Die mit Hilfe der Tafeln von Ligowski berechneten Funktionen $\mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi$ und $\mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi$ sind in Spalte 4 und 5 der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

1	2	3	4	5
x m	φ Bogenmaß	φ Gradmaß	$\mathfrak{Cof}\,\varphi \cos\varphi$	$\mathfrak{Sin}\,\varphi \sin\varphi$
0.0	0,0000	0° 00′ 00″	1.00 000	0,0 000
1,0	0.3913	22° 25′ 05″	0.99 610	0,15 308
2 0	0,7825	44° 50′ 10″	0,93 758	0,60 976
3,0	1.1738	67° 15′ 15″	0.68 503	1,3488
4.0	1,5651	89° 40′ 20″	0,01 422	2.2870
5.0	1,9564	90° + 22° 05′ 25″	— 1,3568	3,2116
a = 6,0	α = 2,3476	90° + 44° 30′ 30″	— 3,6998	3.6958

Funktionen von α und 2α.

Aus Tabelle 1 ist zu entnehmen: $\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha = -3{,}6998,$

$\mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha = +3{,}6958.$

Ferner findet man durch Benutzung der Tafeln von Ligowski

$\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha = +3{,}7640,$

$\mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha = -3{,}6328$

und daraus

$\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha = +0{,}1312$ und

$\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha = +7{,}3968.$

Ferner ist $2\alpha = 2 \cdot 2{,}3476 = \pi + 1{,}5536$

bzw. $180° + 89° 01' 00''$, also

$\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha = +54{,}6984 \quad \mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha = +53{,}7067,$

$\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha = +54{,}7328 \quad \mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha = +55{,}7063.$

Berechnung der Festwerte.

Zunächst ist $\gamma = 1{,}5651$, $\gamma^2 = 2{,}4495$, $\gamma^3 = 3{,}8337$ und $\gamma^4 = 6{,}0000$. Somit wird

$$N = \left(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{6} \cdot \gamma^4\right)(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) + \gamma(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \tfrac{2}{3}\gamma^3(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha) = 442{,}511.$$

1. Belastungsfall: Einzellast in der Mitte: fällt hier aus.

2. Belastungsfall: Zwei gleich große Endlasten (vgl. Gruppe Va.)

Vc.

$$A_1' = \frac{\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \gamma \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ -\mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\} - \gamma^2 \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha - \frac{1}{3}\gamma^3 \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ +\mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\}}{N} = -0{,}05536.$$

$$B_1' = \frac{\mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ +\mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\} + \gamma^2 \cdot \mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \frac{1}{3}\gamma^3 \left\{ \begin{matrix} \mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha \\ -\mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha \end{matrix} \right\}}{N} = -0{,}03303.$$

$$A_2' = \frac{1}{2} \cdot \frac{(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) - \frac{1}{3}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} = +0{,}08277.$$

$$\frac{B_2'}{m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} = +0{,}40517.$$

3. Belastungsfall: Zwei gleich große entgegengesetzt drehende Endmomente (vgl. Gruppe VIa).

VIc.

$$A_1' = \frac{(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + 2\gamma \cdot \mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N} = +\,0{,}04359.$$

$$B_1' = -\frac{(\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + 2\gamma \cdot \mathfrak{Cof}\,\alpha \cos a - \gamma^2 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N} = +\,0{,}06682.$$

$$A_2' = -\tfrac{1}{2} \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) - \gamma^2 (\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} \qquad +\,0{,}08570.$$

$$\frac{B_2'}{m} = -\frac{(\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha) + \gamma\,(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} \qquad -\,0{,}3140.$$

4. Belastungsfall: Gleichmäßig verteilte Belastungen auf den Wandstrecken (vgl. Gruppe VIIa).

VIIc.

$$A_1' = \gamma \cdot \frac{2\,\mathfrak{Cof}\,\alpha \cos\alpha - \gamma (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + \frac{1}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N} = -\,0{,}06652.$$

$$B_1' = \gamma \cdot \frac{2\,\mathfrak{Sin}\,\alpha \sin\alpha + \gamma (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha + \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha) + \frac{1}{3}\gamma^3 (\mathfrak{Cof}\,\alpha \sin\alpha - \mathfrak{Sin}\,\alpha \cos\alpha)}{N} = +\,0{,}06030.$$

$$A_2' = \gamma \cdot \frac{(\mathfrak{Cof}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{1}{2}\gamma (\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \frac{1}{6}\gamma^3 (\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N} = +\,0{,}4690.$$

$$\frac{B_2'}{m} = \gamma \cdot \frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + \gamma \cdot (\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\alpha)}{N} \qquad +\,0{,}5000.$$

5. Belastungsfall: Gleichmäßig verteilte Belastung der Sohle: fällt hier aus.

2. Die Ermittlung der äußeren Kräfte.

Die Ermittlung der äußeren Kräfte geschieht nach bekannten Grundsätzen und möge daher nur kurz gestreift werden. Als Berechnungszustand ist für dieses Lehrbeispiel die fertige, bis zum Oberwasserspiegel gefüllte Schleuse gewählt (vgl. Abb. 7 und 8 bis 11). Das Einheitsgewicht des Baustoffs sei 2,2 t/cbm. Die gleichmäßig verteilte Belastung mit der Sohle ist dann einschließlich des Wassergewichts — bei 1,0 m Tiefenausdehnung —

$$g_s = 4{,}0 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}0 + 6{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 14{,}8 \text{ t/qm}.$$

Auf der Strecke unter den Schleusenwänden ist

$$g_w = 12{,}0 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}0 = 26{,}4 \text{ t/qm}.$$

Diese beiden Belastungen faßt man zweckmäßigerweise zu einer über die ganze Querschnittsbreite gleichmäßig verteilten Belastung $g_s = 14{,}8$ t/qm und einer zusätzlichen, dem 4. Belastungsfall entsprechenden Belastung

$$g = 26{,}4 - 14{,}8 = 11{,}6 \text{ t/qm} = 1{,}16 \text{ kg/qcm}$$

zusammen. Die Belastung g_s vermindert sich um den Auftrieb, der als voll wirkend einer 7 m hohen Wassersäule entsprechend angenommen wird. Somit wird ein über die ganze Bodenfläche gleichmäßig verteilter Bodengegendruck von $p' = 1{,}48 - 0{,}70 = +\,0{,}78$ kg/qcm erzeugt. Daher können in der Folge Zugspannungen zwischen dem Bauwerk und dem Baugrund als tatsächlich vorhanden angesehen werden, soweit ihr Gesamtbetrag den Wert von $p' = 0{,}78$ kg/qcm nicht überschreitet.

Bei der Berechnung des Erddrucks ist angenommen (vgl. Abb. 11a):

	Über Grundwasser:	Im Grundwasser:
das Einheitsgewicht des Erdbodens	$\gamma_1 = 1{,}60$ t/cbm	$\gamma_2 = 1{,}86$ t/cbm
der Reibungswinkel des Erdbodens . . .	$\varrho_1 = 30^0$	$\varrho_2 = 25^0$
der Reibungswinkel zwischen Erde und Wand	$\delta_1 = 30^0$	$\delta_2 = 25^0$

Die Erddruckfigur zerfällt in ein Dreieck E_1 über Grundwasser, und unter dem Grundwasserspiegel in ein Rechteck E_2' und ein Dreieck E_2''. Unter Anwendung der im „Müller-Breslau, Erddruck auf Stützmauern", S. 14 u. 15 aufgeführten Formeln wird

$$E_1 = 0{,}149 \cdot 1{,}60 \cdot 5{,}0^2 = 5{,}96 \text{ t}.$$

Hiervon ist die wagerechte Seitenkraft

$$E_{1h} = E_1 \cdot \cos 30^0 = 5{,}17 \text{ t}$$

und die senkrechte Seitenkraft

$$E_{1v} = E_1 \cdot \sin 30^0 = 2{,}98 \text{ t}.$$

Ferner ist $E_2' = 0{,}178 \cdot 1{,}86 \cdot 7{,}0^2 = 16{,}22$ t

und $E_2'' = 0{,}178 \cdot 2 \cdot \dfrac{8{,}0}{7{,}0} \cdot 7{,}0^2 = 19{,}92$ t

mit den wagerechten Seitenkräften

$$E_{2h}' = 16{,}22 \cdot \cos 25^0 = 14{,}70 \text{ t}$$

und $E_{2h}'' = 19{,}92 \cdot \cos 25^0 = 18{,}05$ t

und der Summe der senkrechten Seitenkräfte

$$E_{2v} = (16{,}22 + 19{,}92) \cdot \sin 25^0 = 15{,}27 \text{ t}.$$

Das infolge des Erddrucks und des Wasserdrucks ausgeübte Moment M wird demnach (3. Belastungsfall), wenn man die Hebelarme aus Abb. 11a entnimmt,

$$M = 5{,}17 \cdot 8{,}667 + 14{,}70 \cdot 2{,}133 + 18{,}05 \cdot 3{,}50 - \tfrac{1}{6} \cdot 6{,}0^2 \cdot 6{,}0 = +\,31{,}3 \text{ tm}.$$

Schließlich wird dem 2. Belastungsfall entsprechend

$$P = 2{,}98 + 15{,}27 = 18{,}25 \text{ t}.$$

Zusammenstellung der angreifenden Kräfte.

1. Belastungsfall: —
2. „ : $P = +\,18{,}25$ t,
3. „ : $M = +\,31{,}3$ tm,
4. „ : $g = +\,11{,}6$ t/qm $= 1{,}16$ kg/qcm.
5. „ : —

Dazu gleichmäßig verteilte volle Belastung $g' = +\,0{,}78$ kg/qcm.

3. Berechnung der Ordinaten der Bodendruck- und Momentenkurven (hierzu Abb. 8 bis 11).

1. Belastungsfall: fällt aus.

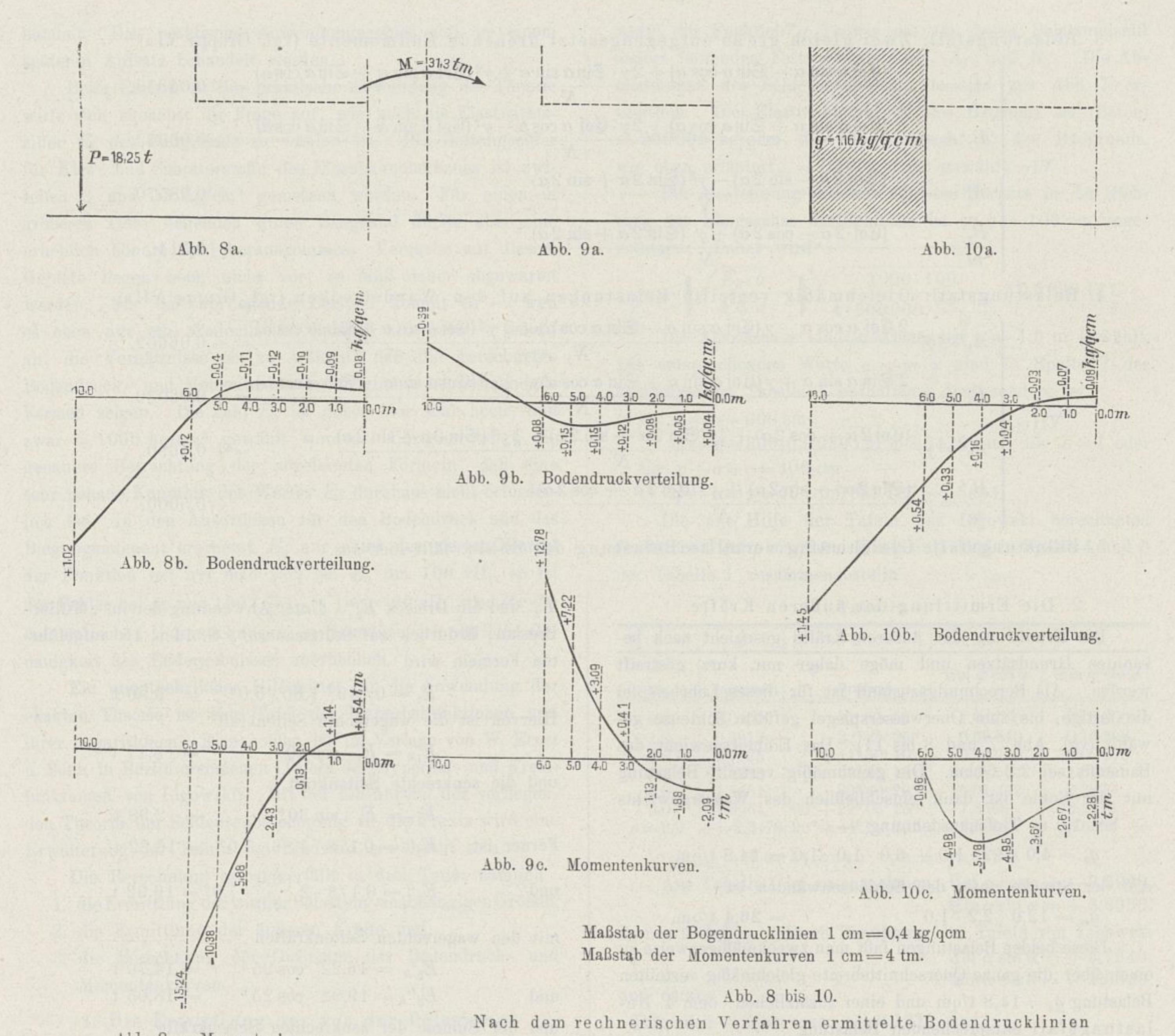


Abb. 8a. Abb. 9a. Abb. 10a.

Abb. 8b. Bodendruckverteilung. Abb. 9b. Bodendruckverteilung. Abb. 10b. Bodendruckverteilung.

Abb. 8c. Momentenkurven. Abb. 9c. Momentenkurven. Abb. 10c. Momentenkurven.

Maßstab der Bogendrucklinien 1 cm = 0,4 kg/qcm
Maßstab der Momentenkurven 1 cm = 4 tm.

Abb. 8 bis 10.
Nach dem rechnerischen Verfahren ermittelte Bodendrucklinien und Momentenkurven.

2. Belastungsfall:

Zwei gleich große Endlasten $P = +18{,}25$ t.

In den Gleichungen der Gruppe Vb ist zunächst

$$\frac{2P\cdot m}{b} = \frac{2\cdot 18{,}25\cdot 0{,}003\,913}{100} = 1{,}428 \text{ kg/qcm}$$

und

$$\frac{P}{m} = \frac{18{,}25}{0{,}003\,913} = 4664 \text{ tcm} = 46{,}64 \text{ tm}.$$

Führt man noch die berechneten Festwerte (Gruppe Vc) ein, so wird der Bodendruck

$$p_1 = 1{,}428\{-0{,}0554\cdot\mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi - 0{,}0330\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi\}$$

$$p_2 = 1{,}428\{+0{,}0828 + 0{,}4052(\varphi-\alpha)\} \text{ in kg/qcm}$$

und das Moment

$$M_1 = 46{,}64\;\{-0{,}0554\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\cos\varphi + 0{,}0330\cdot\mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi\} \text{ in tm}.$$

Entnimmt man die Größen $\mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi$ und $\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi$ aus Tabelle 1, so lassen sich die Ordinaten p_1 und M_1 leicht logarithmisch berechnen. Auf die Wiedergabe der Ausrechnungen glaubt Verfasser daher verzichten zu können. Die berechneten Werte sind sowohl in Abb. 8b u. 8c eingeschrieben, als auch in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Gleichung für p_2 ergibt mit $x = a$ oder $\varphi - \alpha = 0$ übereinstimmend mit dem aus der Gleichung für p_1 mit $x = a = 6{,}0$ m gefundenen Werte

$$p_a = 1{,}428\cdot 0{,}0828 = 0{,}1182 \text{ kg/qcm}.$$

Ferner ist mit $x = l$ oder $\varphi - \alpha = \gamma = 1{,}5651$

$$p_l = p_a + 1{,}428\cdot 0{,}4052\cdot\gamma = +1{,}0238 \text{ kg/qcm}.$$

Zur Nachprüfung dieses Wertes kann die früher (S. 90) angegebene Formel 8a

$$p_l = \frac{2P\cdot m}{b}\cdot\frac{(\mathfrak{Cos}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma^2(\mathfrak{Cos}\,2\alpha - \cos 2\alpha) + \frac{2}{3}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{2N}$$

benutzt werden. Sie liefert in voller Übereinstimmung das Ergebnis

$$p_l = 1{,}428\cdot\frac{54{,}698 + 2\cdot 1{,}5651\cdot 55{,}7063 + 2\cdot 2{,}4495\cdot 54{,}7328 + \frac{2}{3}\cdot 3{,}8337\cdot 53{,}7067}{2\cdot 442{,}511}$$

$$= +1{,}0238 \text{ kg/qcm}.$$

Ebenso kann der für $x = a = 6{,}0$ m berechnete Wert $M_a = -15{,}242$ tm mittels der Formel 7 (S. 90)

$$M_a = -\frac{P}{2m}\cdot\gamma\cdot\frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) + \gamma(\mathfrak{Cos}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{1}{3}\gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}$$

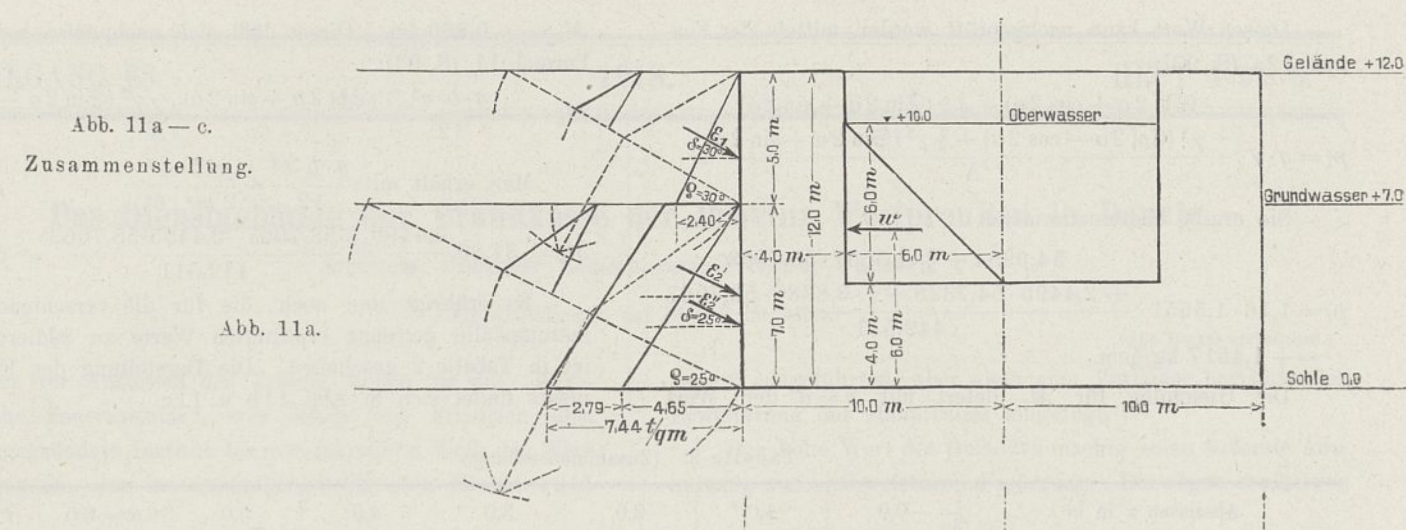


Abb. 11a — c.
Zusammenstellung.

Abb. 11a.

nachgeprüft werden. Man erhält

$$M_a = -\frac{46{,}64}{2}\cdot 1{,}5651 \cdot \frac{53{,}7067 + 1{,}5651\cdot 54{,}6984 + \frac{1}{3}\cdot 2{,}4495\cdot 55{,}7063}{442{,}511} = -15{,}24 \text{ tm}$$

3. Belastungsfall:

Zwei gleiche Endmomente $M = +31{,}30$ tm.

In den Gleichungen der Gruppe VIb wird

$$\frac{2m^2}{b}\cdot M = \frac{2\cdot 0{,}0039127^2}{100}\cdot 31{,}3\cdot 10^5 = 0{,}9606 \text{ kg/qcm.}$$

Führt man noch die berechneten Festwerte (Gruppe VIc) ein, so wird der Bodendruck

$$p_1 = 0{,}9606\{0{,}0436\cdot \mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi + 0{,}0668\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi\}$$

$$p_2 = 0{,}9606\{0{,}0857 - 0{,}3140\cdot(\varphi-\alpha)\} \text{ in kg/qcm}$$

und das Moment

$$M_1 = 31{,}30\,\{0{,}0436\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi - 0{,}0668\cdot\mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi\} \text{ in tm.}$$

Die berechneten Kurven sind in Abb. 9b u. 9c dargestellt; die Ordinatenwerte sind dort eingeschrieben und außerdem noch in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Gleichung für p_2 ergibt mit $x = a$ oder $\varphi - \alpha = 0$ in Übereinstimmung mit dem aus der Gleichung für p_1 berechneten Wert

$$p_a = 0{,}9606\cdot 0{,}0857 = 0{,}0823 \text{ kg/qcm.}$$

Für $x = l$ oder $\varphi - \alpha = \gamma = 1{,}5651$ wird der Bodendruck

$$p_l = p_a - 0{,}9606\cdot 0{,}3140\cdot\gamma = -0{,}3892 \text{ kg/qcm.}$$

Zur Nachprüfung dieses Wertes dient uns die oben angegebene Formel 10a (S. 92):

$$p_l = -\frac{m^2}{b}\cdot M\,\frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cos}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}.$$

Sie ergibt übereinstimmend:

$$p_l = -\frac{0{,}9606}{2}\cdot\frac{55{,}7063+2\cdot 1{,}5651\cdot 54{,}6984+2{,}4495\cdot 53{,}7067}{442{,}511} = -0{,}3892 \text{ kg/qcm.}$$

Das aus der Gleichung für M_1 mit $x = a$ berechnete Moment $M_a = +12{,}781$ tm läßt sich nachprüfen mittels der oben angegebenen Formel 9 (S. 92):

$$M_a = \frac{M}{2}\cdot\frac{(\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \sin 2\alpha) + 2\gamma(\mathfrak{Cos}\,2\alpha + \cos 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Sin}\,2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}.$$

Man erhält übereinstimmend

$$M_a = +\frac{31{,}30}{2}\cdot\frac{53{,}7067+2\cdot 1{,}5651\cdot 54{,}6984+2{,}4495\cdot 55{,}7063}{442{,}511} = +12{,}781 \text{ tm.}$$

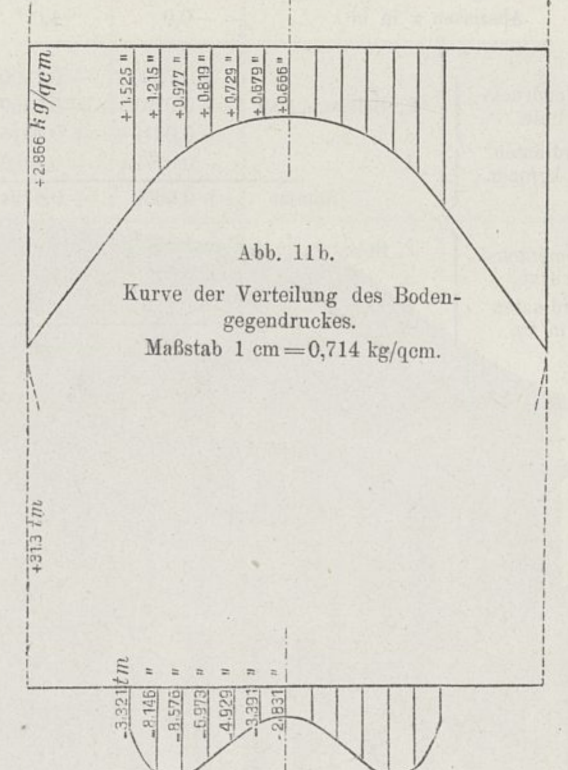


Abb. 11b.
Kurve der Verteilung des Bodengegendruckes.
Maßstab 1 cm = 0,714 kg/qcm.

Abb. 11c.
Momentenkurve für den Schleusenboden.
Maßstab 1 cm = 7,14 tm.

4. Belastungsfall: Gleichmäßig verteilte Belastung $g = 1{,}16$ kg/qcm auf den Wandstrecken.

In Gleichung c der Gruppe VIIb wird

$$\frac{g\cdot b}{2m^2} = \frac{1{,}16\cdot 100}{2\cdot(0{,}0039127)^2} = 3\,780\,000 \text{ kg/cm} = 37{,}80 \text{ tm.}$$

Unter Einführung der berechneten Festwerte (Gruppe VIIc) wird dann der Bodendruck

$$p_1 = 1{,}16\{-0{,}0665\cdot\mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi + 0{,}0603\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi\}$$

$$p_2 = 1{,}16\{0{,}4690 + 0{,}5000\cdot(\varphi-\alpha)\} \text{ in kg/qcm}$$

und das Moment

$$M_1 = 37{,}80\{-0{,}0665\cdot\mathfrak{Sin}\,\varphi\sin\varphi - 0{,}0603\cdot\mathfrak{Cos}\,\varphi\cos\varphi\} \text{ in tm.}$$

Die berechneten Kurven sind in Abb. 10b u. 10c zur Darstellung gebracht; die Ordinaten sind dort eingeschrieben und außerdem noch in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Gleichung für p_2 ergibt mit $x = a$ oder $\varphi - \alpha = 0$

$$p_a = 1{,}16\cdot 0{,}4690 = +0{,}54405 \text{ kg/qcm,}$$

und mit $x = l$ bzw. $\varphi - \alpha = \gamma$

$$p_l = p_a + 1{,}16\cdot 0{,}5000\cdot\gamma = +1{,}4517 \text{ kg/qcm.}$$

Dieser Wert kann nachgeprüft werden mittels der Formel 12a (S. 93):

$$p_l = g \cdot \gamma \cdot \frac{(\mathfrak{Cos}\, 2\alpha + \cos 2\alpha) + \frac{3}{2}\gamma(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha) + \gamma^2(\mathfrak{Cos}\, 2\alpha - \cos 2\alpha) + \frac{1}{6}\gamma^3(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha)}{N}.$$

Sie ergibt übereinstimmend

$$p_l = 1{,}16 \cdot 1{,}5651 \cdot \frac{54{,}6984 + \frac{3}{2} \cdot 1{,}5651 \cdot 55{,}7063 + 2{,}4495 \cdot 54{,}7328 + \frac{1}{6} \cdot 3{,}8337 \cdot 53{,}7067}{442{,}511}$$

$$= +1{,}4517 \text{ kg/qcm.}$$

Die Gleichung für M_1 liefert mit $x = a$ den Wert $M_a = -0{,}860$ tm. Dieser läßt sich nachprüfen mittels der Formel 11 (S. 93):

$$M_a = -\frac{g \cdot b \cdot c^2}{12} \cdot \frac{3(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha + \sin 2\alpha) - \gamma^2(\mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \sin 2\alpha)}{N}.$$

Man erhält mit $\frac{g \cdot b \cdot c^2}{12} = \frac{g \cdot b}{2m^2} \cdot \frac{\gamma^2}{6}$

$$M_a = -37{,}80 \cdot \frac{2{,}4495}{6} \cdot \frac{3 \cdot 53{,}7067 - 2{,}4495 \cdot 55{,}7063}{442{,}511} = -0{,}860 \text{ tm.}$$

Es erübrigt nun noch, die für die verschiedenen Belastungsfälle getrennt ermittelten Werte zu addieren. Dies ist in Tabelle 2 geschehen. Die Darstellung des Endergebnisses findet sich in Abb. 11b u. 11c.

Tabelle 2. (Zusammenstellung.)

	Abszissen x in m	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	$a = 6{,}0$	$l = 10{,}0$
Bodendrucklinie. Ordinaten in kg/qcm.	p'	+ 0,7800	+ 0,7800	+ 0,7800	+ 0,7800	+ 0,7800	+ 0,7800	+ 0,7800	+ 0,7800
	2. Belastungsfall	— 0,0791	— 0,0859	— 0,1029	— 0,1178	— 0,1090	— 0,0442	+ 0,1182	+ 1,0238
	3. „	+ 0,0419	+ 0,0515	+ 0,0784	+ 0,1153	+ 0,1474	+ 0,1493	+ 0,0823	— 0,3892
	4. „	— 0,0772	— 0,0662	— 0.0297	+ 0.0415	+ 0.1589	+ 0.3294	+ 0.5441	+ 1,4517
	Summe	+ 0,6656	+ 0,6794	+ 0,7258	+ 0.8190	+ 0,9773	+ 1,2145	+ 1,5246	+ 2,8663
Momentenkurve. Ordinaten in tm	2. Belastungsfall	+ 1,540	+ 1,139	— 0,130	— 2,427	— 5,883	— 10,382	— 15,242	0,000
	3. „	— 2,092	— 1,875	— 1,129	+ 0,407	+ 3,090	+ 7,219	+ 12,781	+ 31,300
	4. „	— 2,279	— 2,655	— 3,670	— 4,953	— 5,783	— 4,983	— 0,860	0,000
	Summe	— 2,831	— 3,391	— 4,929	— 6,973	— 8,576	— 8,146	— 3,321	+ 31,300

(Schluß folgt.)

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.